

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água**



Dissertação

**Dinâmica de gases de efeito estufa em plantações de *Acacia mearnsii* De  
Wildem solos no Bioma Pampa**

**Ana Paula Rocha Neves**

Pelotas, 2016.

**Ana Paula Rocha Neves**

**Dinâmica de gases de efeito estufa em plantações de *Acacia mearnsii* De  
Wildem solos no Bioma Pampa**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ciências (área do conhecimento: Manejo e Conservação do Solo e da Água).

Orientador: Prof. Dr. Rogério Oliveira de Sousa

Co-orientadora: Pesq<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Walkyria Bueno Scivittaro

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

N511d Neves, Ana Paula Rocha

Dinâmica de gases de efeito estufa em plantações de  
Acacia mearnsii De Wild em solos no Bioma Pampa / Ana  
Paula Rocha Neves ; Rogério Oliveira de Sousa, orientador  
; Walkyria Bueno Scivittaro, coorientadora. — Pelotas,  
2016.

109 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação  
em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade  
de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de  
Pelotas, 2016.

1. Acácia-negra. 2. Óxido nitroso. 3. Metano. I. Sousa,  
Rogério Oliveira de, orient. II. Scivittaro, Walkyria Bueno,  
coorient. III. Título.

CDD : 634.97

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus, por me conceder uma família abençoada, me apoiando e orientando nas minhas decisões;

Aos meus filhos Luiz Felipe e Maria Luiza por serem filhos pacientes pela falta de tempo para com eles;

Ao meu esposo Vairton por auxiliar nas decisões e me ajudar nas saídas a campo;

Aos meus pais Rita e Airton, que batalharam e me apoiaram em todos os momentos da vida;

Aos meus irmãos, Marcos, Luciano, Rogério e Auxiliadora (*in memorian*), que com todas as divergências, um protegia o outro;

Ao meu Orientador, o professor Dr. Rogério Oliveira de Sousa e Co-orientadora pesquisadora da Embrapa Dra. Walkyria Bueno Scivittaro, pessoas que me auxiliaram durante este período, orientando, transmitindo os conhecimentos necessários para a realização dos trabalhos;

À pesquisadora da Embrapa Dra. Letícia Penno, pelo auxílio nas saídas de campo;

Aos professores do PPG MACSA que tive a oportunidade de conhecer e receber conhecimentos e que contribuíram para minha formação profissional;

Aos profissionais da Embrapa que não mediram esforços para as saídas de campo: Denoir, Paulinho, José Borges, Carlinhos, Luciano;

Aos estagiários da Embrapa: Gessiele, Marla, Camila, por colaboração na organização para as saídas de campo, em especial à Suelen, pela ajuda nas coletas de campo e realização das análises laboratoriais;

Aos colegas do PPG MACSA e estagiários: Thaís, Jéssica e Cristiano pelo companheirismo e vivência ao longo de todo o curso;

À laboratorista Rosane, pela paciência e apoio nas análises laboratoriais;

À Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Solos e Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água pela infraestrutura e a realização do mestrado;

À Empresa Tanagro pela disponibilização das áreas.

À EMBRAPA CPACT pela disponibilidade de todo o suporte para realização dos trabalhos; e

À FAPEAM pela concessão da bolsa de estudos.  
Obrigada!

## Resumo

NEVES, Ana Paula Rocha. **Dinâmica de gases de efeito estufa em plantações de *Acácia mearnsii* De Wildem solos no Bioma Pampa**: 2016. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo da Água. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Os diversos usos e manejo do solo podem apresentar estratégias de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do solo. O presente estudo foi realizado de setembro de 2014 a setembro de 2015, em um Cambissolo Háplico dos municípios de Cerrito-RS e Canguçu-RS e teve como objetivo avaliar as emissões de gases de efeito estufa óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) em plantações de acácia-negra implantado a três e dez anos e sua possível mitigação em comparação a pastagem nativa. O plantio de acácia-negra de três anos localiza-se no município de Cerrito e o de dez anos em Canguçu. Para as avaliações, amostras de ar foram coletadas utilizando o método da câmara estática e analisadas por cromatografia gasosa para determinação da emissão total dos gases e o potencial de aquecimento global (PAGp). Foram coletadas amostras de solo indeformadas para determinação da densidade do solo. Para cada evento de coletas de amostras de ar, foram coletadas amostras de solo compostas de aproximadamente 50 g, na camada de 0-5 cm ao redor das câmaras, para determinação da umidade gravimétrica, espaço poroso preenchido por água e os teores de nitrogênio mineral (nitrato e amônio). Foi determinado uma vez durante as avaliações o estoque de carbono do solo (ECS). O plantio de acácia com três anos (município de Cerrito) apresentou emissão anual de  $\text{N}_2\text{O}$  de  $0,367 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e campo de  $0,267 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e  $\text{CH}_4$  de 1,51 para área de pastagem e 1,16 para a acácia-negra, não se diferenciando. Houve diferença para os teores de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  e EPPA no período avaliado. O PAGp dos tratamentos não foram distintos, sendo positivo para ambos os tratamentos, com valor de  $138,36 \text{ kg CO}_{2\text{eq}} \cdot \text{ha}^{-1}$  para o plantio e de  $117,39 \text{ kg CO}_{2\text{eq}} \cdot \text{ha}^{-1}$  para a pastagem, evidenciando que o plantio de acácia de três anos não está impactando na vegetação nativa. Foi encontrado fluxo anual de  $\text{N}_2\text{O}$  no plantio de dez anos (município de Canguçu) de  $1,17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e para área de pastagem foi de  $0,66 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , com diferença significativa, sendo afetado pelo EPPA, temperatura, deposição da serrapilheira e maior teor de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ . Na área de acácia houve oxidação de  $\text{CH}_4$  em alguns momentos, mas sem a diferença dos tratamentos, sendo encontrado valor de  $1,11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para a pastagem nativa e  $0,77 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o plantio de acácia. O teor de amônio não se diferenciou, ocorrendo o contrário com o teor nitrato e o estoque de carbono. Para o PAGp, o  $\text{N}_2\text{O}$  foi o componente que mais contribuiu para o aquecimento global parcial nas áreas estudadas.

**Palavras-chave:** Acácia-negra, Óxido Nitroso, Metano.

## Abstract

NEVES, Ana Paula Rocha. **Dinâmica de gases de efeito estufa em plantações de *Acacia mearnsii* De Wildem solos no Bioma Pampa**: 2016. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo da Água. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The various uses and soil management can provide mitigation strategies of greenhouse gases (GHG) of the soil. This study was conducted from September 2014 to September 2015, in a Cambisol the municipalities of Cerrito-RS and Canguçu-RS and aimed to evaluate the greenhouse gas nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ) and methane ( $\text{CH}_4$ ) in black wattle plantations deployed three and ten years and its possible mitigation compared to native pasture. The black wattle plantation three years was located in the municipality of Cerrito and ten years in Canguçu. For evaluations, air samples were collected using the method of static chamber and analyzed by gas chromatography to determine the total gas emissions and global warming potential (GWPp). Undisturbed soil samples were collected to determination of bulk density. In each collection of air samples conducted event, composite samples of soil were collected from about 50 g, in the 0-5 cm layer around the chambers to determine the gravimetric moisture, porous space filled with water and nitrogen contents mineral (ammonium nitrate). It was determined once during the evaluations the stock of soil carbon (SSC). The acacia plantation with three years (municipality of Cerrito) presented annual  $\text{N}_2\text{O}$  emissions of  $0.367 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  and pasture  $0.267 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  and  $\text{CH}_4$   $1.51 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  for pasture and  $1.16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  for black wattle, not differing. There was difference in the levels of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  and EPPA in the study period. The global warming potential (GWPp) of the treatments were not different, being positive for both treatments, with value of  $138.36 \text{ kg CO}_{2\text{eq.}} \text{ ha}^{-1}$  for planting and  $117.39 \text{ kg CO}_{2\text{eq.}} \text{ ha}^{-1}$  for grazing, showing that the acacia planting of three years is not impacting on native vegetation. It was found annual flow of in the planting of ten years (municipality of Canguçu) of  $1.17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  and pasture area was  $0.66 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ , with a significant difference, and affected by EPPA, temperature, deposition of litter and higher content of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ . In Acacia area there was  $\text{CH}_4$  oxidation in some moments, but without difference of the treatments being found value of  $1.11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  for native pasture and  $0.77 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  for acacia planting. The Ammonium content does not differ, the opposite was with the nitrate content and the carbon stock. For the GWPp, the  $\text{N}_2\text{O}$  was the component that most contributed to the partial global warming in the areas studied.

**Keywords:** Acacia Negra, Nitrous oxide, methane.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Vista aérea da área experimental com a localização das áreas ocupadas com plantio de acácia-negra com três anos e pastagem nativa. Fonte: Google Earth adaptado por Vairton Radmann 2014. ....	33
Figura 2 - Vista da base de aço (a), câmara estática, bateria, termômetro do solo e da câmara e seringa + válvula de três vias (b) para coleta dos gases de dióxido de carbono, óxido nitroso e metano. ....	34
Figura 3 – Precipitação (mm) (a), espaço poroso preenchido por água (EPPA) (b), teores de $\text{NO}_3^-$ (d) e $\text{NH}_4^+$ (d) e temperatura do solo (e) em plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Cerrito, 2014-2015. Acacia e pastagem (área de referência).....	39
Figura 4 - Emissões de $\text{N}_2\text{O}$ (a) e $\text{CH}_4$ (b) do solo com plantio de acácia-negra e pastagem nativa no período de um ano. Cerrito, 2014-2015. ....	41
Figura 5 - Emissão total de $\text{N}_2\text{O}$ (b) e $\text{CH}_4$ (b) do solo em plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Letras acima das colunas representam o teste Tukey, a 5%. NS= estatística não significativa.....	44
Figura 6 - Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp) (c) do solo em plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Letras acima das colunas representam o teste Tukey, a 5%. NS= estatística não significativa.....	45
Figura 7 - Vista aérea da área experimental com a localização das áreas ocupadas com plantio de acácia-negra com dez anos e pastagem nativa. Fonte: Google Earth, adaptado por Vairton Radmann, 2014. ....	50
Figura 8 - Precipitação (mm) (a), espaço poroso preenchido por água (EPPA) (b), teores de $\text{NO}_3^-$ (d) e $\text{NH}_4^+$ (d) e temperatura do solo (e) em plantio de acácia e pastagem na camada de 0-5 cm. Canguçu, RS, 2014 a 2015. Letras “a” e “b” indicam diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5%.....	54
Figura 9 - Emissões de $\text{N}_2\text{O}$ (a) e de $\text{CH}_4$ (b) do solo em plantio de acácia e pastagem. Canguçu-RS, 2014 a 2015. Letras “a” e “b” indicam diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5%. ....	56
Figura 10 - Emissão acumulada de $\text{N}_2\text{O}$ (a) e $\text{CH}_4$ (b) do solo no plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Canguçu-RS, 2014 a 2015. Letras “A” e “B” indicam diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5%; NS: não significativa.....	61
Figura 11 - Potencial de Aquecimento Global parcial em plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Canguçu-RS, 2014 a 2015. Letras acima das colunas representam teste de Tukey a 5%; NS: não significativa. ....	62



## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Estoque de carbono (ECS) e densidade do solo (DS) em plantio de acácia-negra e pastagem nativa na camada de 0-5 cm.....	40
Tabela 2 - Estoque de carbono do solo (ECS) e densidade do solo (DS) na área de acácia-negra e de pastagem na camada de 0-5 cm. ....	55

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO GERAL .....	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
2.1.	Efeito estufa e Aquecimento Global .....	14
2.1.1.	Mudança no uso do solo.....	15
2.1.2.	Emissão de Metano (CH <sub>4</sub> ) do solo.....	16
2.1.3.	Emissão de Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O) do solo.....	17
2.1.4.	Emissões de óxido nitroso e metano pelos ruminantes .....	18
2.1.5.	Emissões de óxido nitroso e metano do solo com pastagem.....	20
2.1.6.	Potencial de Aquecimento Global.....	21
2.1.7.	Sistema de Produção Florestal com acácia-negra .....	22
2.1.8.	Acúmulo e ciclagem de nutrientes no solo em plantio florestal .....	25
3.	HIPÓTESES .....	28
4.	OBJETIVOS.....	29
5.	ESTUDOS REALIZADOS.....	30
5.1.	EMISSÕES DE METANO E ÓXIDO NITROSO DO SOLO EM PLANTIO DE ACÁCIA-NEGRA DE TRÊS ANOS EM COMPARAÇÃO COM A PASTAGEM NATIVA NO MUNICÍPIO DE CERRITO-RS .....	30
5.1.1.	Resumo .....	30
5.1.3.	Material e métodos .....	32
5.1.3.1.	Descrição da área experimental .....	32
5.1.3.2.	Instalação e condução do experimento .....	33
5.1.3.3.	Coleta e análise de amostras de gases de efeito estufa .....	34
5.1.4.	Variáveis de Solo e de Clima.....	36
5.1.4.1.	Análise dos dados .....	37
5.1.5.	Resultados e discussão.....	37
5.1.5.1.	Atributos do solo .....	37
5.1.5.2.	Fluxo de N <sub>2</sub> O e CH <sub>4</sub> .....	40
5.1.5.3.	Fluxo de N <sub>2</sub> O e CH <sub>4</sub> .....	42
5.1.5.4.	Emissão total de CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O pelo solo.....	43
5.1.5.5.	Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp).....	45
5.1.6.	Conclusões .....	46
5.2.	EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO E METANO DO SOLO EM PLANTIO DE ACÁCIA-NEGRA DE DEZ ANOS EM COMPARAÇÃO A PASTAGEM NATIVA NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU-RS .....	47
5.2.1.	Resumo .....	47

5.2.2.	Introdução.....	48
5.2.3.	Material e Métodos .....	49
5.2.3.2.	Instalação e condução do experimento .....	51
5.2.3.3.	Coleta e análise de amostras de gases de efeito estufa .....	51
5.2.4.	Variáveis de Solo e de Clima.....	51
5.2.4.1.	Análise dos dados .....	51
5.2.5.	Resultados e discussão.....	52
5.2.5.1.	Atributos do solo e de clima.....	52
5.2.5.2.	Fluxo de N <sub>2</sub> O .....	55
5.2.5.3.	Fluxo de CH <sub>4</sub> .....	58
5.2.5.4.	Emissão total de N <sub>2</sub> O e CH <sub>4</sub> .....	59
5.2.5.5.	Potencial de Aquecimento Global Parcial (PAGp).....	61
5.2.6.	Conclusões .....	63
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
8.	APÊNDICES .....	83

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As mudanças climáticas globais estão sendo influenciada pelas concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (AHLSCHEDE, 2013). O aumento das emissões de GEE na atmosfera da Terra, resultante do crescimento econômico e demográfico nos últimos séculos após a Revolução Industrial, vem causando variações no aumento das emissões dos gases superior à variação das emissões que ocorrem naturalmente, o que sempre afetou o clima, causando efeitos visíveis no aumento das temperaturas médias do ar e dos oceanos, no derretimento generalizado da neve e do gelo, e na elevação dos níveis do mar (GRAU NETO, 2007; BANCO MUNDIAL, 2010; TELÉSFORO, 2013). De acordo com o IPCC (2013), as taxas médias de aumento das concentrações atmosféricas de GEEs ao longo do século XX são as maiores nos últimos 22 mil anos e segundo o IPCC (2013), a temperatura da Terra apresentou aumento de 0,85°C, em média, entre 1880 e 2012. Documentos recentes mostram a tendência de que este aumento de temperatura global seja aproximadamente de 1,4°C a 5,8°C nos próximos 100 anos (IPCC, 2014; SCHEMBERGUE, 2014). Embora existam outros GEE (como vapor de água e hidrofluorcarbonetos), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) são considerados os de maior importância (KONNEKE et al., 2005; AHLSCHEDE, 2013), por serem responsáveis pelo aquecimento global. O CH<sub>4</sub> e o N<sub>2</sub>O são originados por fontes naturais (ISHERWOOD, 2000), mas suas emissões para a atmosfera são afetadas pela atividade humana.

Para a adaptação as mudanças do clima, demanda da formulação e a implantação de um conjunto de estratégias setoriais, a partir da identificação da vulnerabilidade dos biomas brasileiros ao aumento da concentração de gases de efeito estufa e dos impactos decorrentes na sociedade brasileira, nas áreas de saúde, agropecuária, florestas plantadas, energia, nas zonas costeiras e semiáridas quanto aos recursos hídricos e a biodiversidade (BRASIL, 2005; TELÉSFORO, 2013).

As respostas políticas às mudanças climáticas incluem a mitigação de emissões de GEEs e a adaptação dos potenciais impactos. A primeira medida é vista como proativa, sendo a adaptação uma resposta reativa. A estratégia básica da

mitigação é a do custo-efetividade, buscando formas mais baratas de reduzir as emissões, independentemente o país ou da fonte de emissão. A adaptação se relaciona com o processo decisório dos agentes, que podem reduzir a vulnerabilidade das mudanças observadas ou esperadas no clima (MARGULIS e DUBEAUX, 2010; SEMBERGUE, 2014).

O quinto relatório do IPCC (2014) já aborda como os impactos e riscos relacionados à mudança do clima podem ser reduzidos e gerenciados por meio de atividades de adaptação e mitigação. Embora vários planos para mitigação e adaptação para essas mudanças venham sendo colocados em prática, existe grande dificuldade pelo fato dos aumentos de temperatura e das variações nos padrões de precipitação não serem homogêneos e afetarem setores econômicos e regiões distintamente.

A queima de combustíveis fósseis é a maior contribuinte global de GEE, principalmente  $\text{CO}_2$ , respondendo por mais de 60% de todas as emissões mundiais. Dentre outras atividades, a agropecuária é uma das que mais contribui com a emissão de  $\text{CH}_4$  (BERNDT, 2010), principalmente através da produção de arroz e da pecuária. A emissão de amônia no setor agropecuário, apesar de não ser uma causadora direta do efeito estufa, é também motivo de precaução devido a seus efeitos no ambiente e no bem estar animal, especialmente das aves. Quanto a emissão de óxido nitroso, Sagggar et al., 2007, enfatizam a importância da deposição da urina dos ruminantes. Já para as fezes, segundo Sagggar et al., 2007, o N depositado na superfície do solo está na forma orgânica e sofre baixa mineralização, resultando em emissões irrelevantes de  $\text{N}_2\text{O}$ .

De acordo com Lopes(2013), muitas iniciativas voluntárias vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de viabilizar a conservação ambiental em propriedades rurais, já que é notório que a retirada de floresta para produção causa um impacto negativo sobre o meio ambiente e aumenta a emissão de gases de efeito estufa. Dentre as importantes iniciativas, está a neutralização de emissões de carbono por meio do plantio de árvores.

O componente florestal pode colaborar na mitigação dos gases através do sequestro de carbono que, de acordo com Nair (2011) o sequestro de carbono realizado pela vegetação envolve primariamente a captura do  $\text{CO}_2$  atmosférico durante a fotossíntese e a transferência do C fixado para o armazenamento, tanto acima, quanto abaixo do solo. Acima do solo o C é fixado em caules e folhas de

árvores e plantas herbáceas, enquanto abaixo do solo é fixado em raízes, organismos do solo, além do C estocado em diferentes horizontes do solo. Com base de que a incorporação de árvores em áreas de pastagens poderia resultar em maior quantidade líquida de C estocado (HAILE et al., 2008), acreditando-se que esses sistemas integrados podem apresentar potencial em sequestrar C, comparados a monocultivos de pastagens e culturas agrícolas.

O componente animal a pasto nesse sistema também atua como elemento acelerador no processo de ciclagem de nutrientes do ecossistema, sendo que grande parte da biomassa que consomem retorna ao solo na forma mais degradada de fezes e urina, obtendo um retorno na ordem de até 90% dos nutrientes minerais, incluindo o nitrogênio (MOTT e POPENOE, 1977).

Por tanto, o objetivo geral do estudo foi avaliar as emissões de  $N_2O$  e  $CH_4$  em plantações de acácia-negra implantadas a três e dez anos em comparação com área de pastagem nativa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Efeito estufa e Aquecimento Global

O efeito estufa é um mecanismo natural de aquecimento da atmosfera, responsável por manter a temperatura média do planeta em níveis adequados para a existência dos seres vivos na biosfera. Esse fenômeno ocorre quando uma parte da radiação solar refletida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases, denominados de “gases de efeito estufa - GEE”, presentes na atmosfera. Como consequência disso, a radiação infravermelha refletida pela Terra fica retida na baixa atmosfera resultando no aquecimento do planeta (ALMEIDA et al. 2015). É causado, principalmente, pela emissão de grandes quantidades e em velocidade acelerada de gases como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o vapor d'água em relação à deposição dos mesmos na natureza (FROUZ et al., 2009; ALMEIDA, et al., 2015).

Existem dois tipos de efeito estufa: o natural e o antrópico. O que ocorre naturalmente é devido às concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera antes do aparecimento do homem, onde a energia solar de comprimento de onda muito curta ultrapassa a atmosfera terrestre sem interação com os gases presentes nesta camada. Ao atingir a superfície terrestre a energia é refletida e volta para a atmosfera com um comprimento de onda mais longo (radiação infravermelha) que interage parcialmente com os gases de efeito estufa presente nesta camada. Parte dessa radiação é absorvida na atmosfera e consequentemente aumentando a temperatura do ar. Essa interação permite que a temperatura média da atmosfera terrestre seja de  $15^\circ \text{C}$ . Caso não houvesse esses gases na atmosfera, a temperatura média da terra seria  $33^\circ \text{C}$  menor, ou seja  $-18^\circ \text{C}$ , o que inviabiliza a vida atualmente existente (PINÊ et al., 2014). O efeito estufa antrópico é ocasionado pelo homem com o aumento das concentrações dos gases do efeito estufa através da intensificação de suas atividades como: a queima de combustíveis fósseis, expansão e atividade agropecuária, desmatamento, dentre outros.

Os principais gases do efeito estufa (GEE) são o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o metano ( $\text{CH}_4$ ), tendo os dois últimos um potencial de aquecimento 296 e 25 vezes superiores ao do  $\text{CO}_2$ , respectivamente (HOUGHTON et al., 2001; IPCC, 2007). A concentração dos gases na atmosfera era relativamente

estável até o início da Revolução Industrial, quando as ações antropogênicas tornaram-se mais intensas e passaram a aumentar a concentração dos GEE na atmosfera. Resultado do uso de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão mineral, aumento da poluição industrial, mudança no uso da terra, queima de florestas e uso irracional dos recursos naturais (MCT, 2010; PERGHER, 2014). As concentrações de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  aumentaram em 40% (para 391 ppm), 150% (para 1.803 ppb) e 20% (para 324 ppb), respectivamente (IPCC, 2013).

Na atualidade, tem aumentado o interesse em compreender e quantificar os fluxos de  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  em ecossistemas terrestres, dado que esses gases também têm uma grande responsabilidade sobre mudanças climáticas (TIAN et al 2010; ÁLVAREZ, 2014).

A velocidade e intensidade com que estão ocorrendo mudanças no sistema climático da Terra, desde a Revolução Industrial, têm preocupado cientistas e líderes mundiais, principalmente nas últimas décadas. O aumento contínuo de gases na atmosfera apresenta como consequência, maior interação com a radiação infravermelha emitida pela Terra, e consequentemente aumento da temperatura do ar atmosférico. Esse aumento é o que se denomina de Aquecimento Global Antrópico, que tem reflexos nas mudanças climáticas, tais como distribuição irregular das chuvas, aumento ou diminuição de temperaturas da atmosfera, elevação do nível do mar, entre outros (CERRI et. al., 2007).

O aquecimento global pode elevar a temperatura em 1,8 e 6,4°C até o ano de 2100, aumentando a ocorrência e a intensidade de eventos extremos, como seca e tempestades, chuvas concentradas, elevação do nível dos oceanos e inundação de áreas costeiras, além de reduzir a área apta para cultivo da maioria das culturas (IPCC, 2000)

#### **2.1.1. Mudança no uso do solo**

No Brasil, a mudança de uso e manejo do solo vem ocorrendo de forma dinâmica e com elevada intensidade, sobretudo no bioma Amazônico, o que pode resultar em fonte ou dreno de GEE para a atmosfera. Áreas sobre vegetação nativa vem sendo convertidas em pastagem e agricultura, emitindo quantidades consideráveis de gases, principalmente devido ao desmatamento e queima da biomassa (MARENGO, 2007). Tanto regional quanto globalmente, os processos antrópicos no meio ambiente têm sido foco de recentes estudos que mostram sua



contribuição às mudanças climáticas (IPCC, 2014; BUSTAMANTE et al., 2012; MATA et al., 2015). O desmatamento, as atividades agrícolas e a pecuária são alguns exemplos de práticas que, normalmente, não levam em consideração os danos ambientais e o tempo de recuperação da vegetação (ARAÚJO FILHO, 2013; MATA et al. 2015). A perda da cobertura florestal reflete negativamente em importantes ciclos biogeoquímicos. Os impactos podem se refletir tanto de forma local, com o desabastecimento de água, como globalmente, pela maior emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera (COUTINHO et al., 2015).

A magnitude e a importância relativa das diferentes fontes e emissões de gases de efeito estufa variam muito de uma região para outra. Em termos globais as emissões agrícolas de metano e óxido nitroso aumentaram 17% entre 1990 e 2005, e deverão crescer outros 35-60% até 2030; as contribuições atuais de  $N_2O$  são de aproximadamente 80% da emissão total e de  $CH_4$  aproximadamente 50 % (IPCC, 2007).

De acordo com Jantalia et al., (2008) pesquisas sobre os efeitos da mudança do uso do solo nas condições brasileiras devem ser ampliadas, considerando-se não apenas os efeitos de estoques de C do solo, mas também os das emissões dos principais gases, como óxido nitroso e metano, para melhor avaliação desses impactos.

Para mitigar as emissões de GEE advindas da mudança do uso da terra e cumprir as metas de redução estabelecidas pelo governo federal, criou-se o programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que tem como objetivo incentivar a adoção de práticas sustentáveis que garantem a redução de emissões de GEE, aliadas ao aumento de renda dos produtores, sobretudo com a expansão das seguintes tecnologias: recuperação de pastagens degradadas; integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) e sistemas agroflorestais (SAFs); sistema de plantio direto (SPD); fixação biológica de nitrogênio (FBN); e florestas plantadas (Brasil, 2011).

### **2.1.2. Emissão de Metano ( $CH_4$ ) do solo**

O  $CH_4$  é apontado como o segundo gás de efeito estufa mais importante, contribuindo com 15 a 20% do aquecimento global. Estimativas indicam que aproximadamente 75% do  $CH_4$  atmosférico tem origem biológica, e que a concentração atmosférica de  $CH_4$  aumentou de 715 ppb, durante o período pré-

industrial, para 1.774 ppb em 2005, por influência direta das atividades antrópicas, especialmente do setor primário (DUXBURY et al., 1993; COLE et al., 1997).

A emissão de  $\text{CH}_4$  a partir do solo é regulada pela atividade biológica em condição de restrição de  $\text{O}_2$ , com potencial redox abaixo de 200 mV, onde bactérias metanogênicas anaeróbicas oxidam compostos orgânicos produzindo  $\text{CH}_4$ . Enquanto na presença de  $\text{O}_2$ , as bactérias metanotróficas aeróbicas utilizam o  $\text{CH}_4$  como fonte de energia e carbono (GOMES, 2006). Outro fator que influencia a oxidação do  $\text{CH}_4$  é a concentração de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), pois esse íon compete com o  $\text{CH}_4$  pela enzima mono-oxygenase responsável pela oxidação do  $\text{CH}_4$ . Após adubações nitrogenadas elevadas, ocorre no solo maior concentração de  $\text{NH}_4^+$  disponível, que atua como inibidor da oxidação de  $\text{CH}_4$  nos solos, por competir pela enzima (BOECKX et al., 1997; BODELIER et al., 2004; PERGHER, 2014).

Em estudos sobre as taxas de oxidação de  $\text{CH}_4$  em solos cultivados com pastagem e pastagem com leguminosas, os autores Cardoso et al. (2001) observaram taxas de 10,25, 10,03, 7,70 e 8,87 g C ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para área de cerrado, lavoura, pastagem e pastagem com leguminosa, respectivamente, foram menores nos períodos chuvosos. Essas menores taxas de oxidação de metano pelas pastagens podem ser resultado da compactação superficial do solo, causada pelo pastejo de animais (LAUREN et al., 1995). Piva, (2013) cita que dependendo das condições físicas, químicas e biológicas o solo pode exercer papel de fonte ou dreno de  $\text{CH}_4$  para atmosfera.

### **2.1.3. Emissão de Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) do solo**

O  $\text{N}_2$  é o composto mais abundante da atmosfera. É quimicamente muito estável. Outros constituintes da atmosfera que contém o elemento nitrogênio, em quantidade menor, são o  $\text{N}_2\text{O}$ , NO,  $\text{NO}_2$ , ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ) (Brasseur et al., 1999).

A produção e emissão dos gases do solo é resultado da atividade microbiológica da decomposição e mineralização da matéria orgânica e transformação do N mineral das fontes nitrogenadas, os quais dependem de fatores ambientais, como temperatura e disponibilidade de água (FERNANDES, 2008; MAGIERO, 2013). A superfície terrestre é a principal fonte de  $\text{N}_2\text{O}$  atmosférico, assim, mudanças no uso da terra modificam as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo para a atmosfera. A média global da concentração de  $\text{N}_2\text{O}$  na atmosfera, em 2011, foi de

324,2 ppb, o que significa um aumento de 5,0 ppb sobre sua concentração em 2005, o que também representa um avanço de 20% sobre a estimativa para o ano de 1750, quando a concentração atmosférica era de 270 ppb (IPCC, 2013).

A produção de  $N_2O$  no solo ocorre através dos processos microbiológicos de nitrificação e desnitrificação, sendo estes de forma simultânea ou não. A nitrificação é o processo de oxidação aeróbica de amônio a nitrito ou nitrato (DALAL et al., 2003; ALMEIDA et al., 2015). Para a formação do nitrato, o amônio ( $NH_4^+$ ) é oxidado de forma aeróbica, por bactérias quimioautotróficas, em que o  $NH_4^+$  é oxidado a nitrito ( $NO_2^-$ ) por ação das *Nitrossomonas* sp., *Nitrosospirasp.* e *Nitrococcus* sp (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; ALMEIDA et al., 2015). A desnitrificação, por sua vez, é mediada por bactérias anaeróbicas facultativas (*Pseudomonas*) que utilizam o nitrato ( $NO_3^-$ ) comoceptor final de elétrons em substituição ao oxigênio. Ela é favorecida pela disponibilidade de carbono lábil e presença de  $NO_3^-$  proveniente da decomposição da matéria orgânica do solo e da aplicação de fontes minerais e/ou orgânicas de N (PAUL e CLARK, 1996).

A produção do óxido nitroso também pode ocorrer através da ação das bactérias fermentativas capazes de reduzir nitrito a óxido nitroso em condições estritamente anaeróbicas, pH elevado e grande quantidade de matéria orgânica facilmente decomponível que favorecem a redução dissimilatória de  $NO_3^-$  a  $NH_4^+$  (STEVENS e LAUGHLIN, 1998; ALMEIDA et al., 2015). As emissões de  $N_2O$  são favorecidas por ambos os processos: a nitrificação e a desnitrificação, onde em maioria dos estudos tem evidenciado que o processo de desnitrificação é mais efetivo na produção deste gás (BATEMAN e BAGGS, 2005; BERTORA et al., 2008; GOMES et al., 2009).

#### **2.1.4. Emissões de óxido nitroso e metano pelos ruminantes**

De acordo com Brasil, 2014, a pecuária brasileira ocupa 25% da área total do Brasil, que corresponde a 220 milhões de hectares, dos quais cerca de 50% encontra-se em processo de degradação e 25% com baixa capacidade de suporte (taxa de lotação menor ou igual a  $0,75 \text{ UA ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ ). O  $N_2O$  é muito importante em sistemas agropecuários uma vez que 70% das emissões globais desse gás se originam com a dinâmica de N do solo em sistemas de produção, principalmente pela adição de fertilizantes nitrogenados e resíduos agrícolas (MOSIER et al., 2004). A emissão de  $N_2O$  pelo sistema de produção animal ocorre pela deposição de

urina e fezes dos animais, com destaque para os bovinos, e pela adubação de pastagens, e em menor escala pelo manejo dos dejetos. (GRANLI e BOCKMAN, 1994; VERBURG et al., 2006). As dejeções de bovinos mantidos em pastagens são responsáveis por 39,4% das emissões antrópicas de óxido nítrico no Brasil (BRASIL, 2009), sendo que as perdas de N pela urina são maiores do que pelas fezes (FERREIRA, 1995).

Os resíduos animais, apesar de constituírem excelentes fontes de nutrientes para os cultivos, podem contribuir para a liberação de gases de efeito estufa. No Brasil, somente o manejo dos dejetos animais foram responsáveis por 4,9% das emissões de dióxido de carbono equivalente do setor agropecuário em 2010 (MCTI, 2013). Este parece ser o caso, principalmente, da urina de bovinos. De acordo com Tomazi et al. (2013), em estudo com a aplicação de doses crescentes de fezes e urina de bovinos nos sistemas de integração lavoura-pecuária e pastagem permanente, encontraram resultados que apontam que somente a urina teve a capacidade de aumentar as emissões de óxido nítrico e as taxas de emissão eram doses dependentes.

Em pastagens com a aplicação de resíduos líquidos oriundos da criação de ovinos ocorre um aumento na emissão de óxido nítrico do solo, em comparação com a aplicação de esterco e o tratamento sem aplicação de dejetos. Os fluxos de  $N_2O$  variam de 4 a 353  $\mu g N_2O m^{-2}h^{-1}$ , sendo as maiores emissões correspondentes às maiores quantidades de urina aplicadas. O efeito da urina no aumento das emissões de óxido nítrico é observado até os 23 dias após a aplicação (MAGIERO et al., 2011).

Para as emissões do gás metano ( $CH_4$ ), em torno de 32% é atribuída ao processo de fermentação entérica dos ruminantes (USEPA, 2005). Uma parte destas emissões dos gases é gerada na forma de óxido nítrico ( $N_2O$ ) e metano ( $CH_4$ ) e atribuída à atividade pecuária, em associação ao manejo dos dejetos e ao metano entérico ao incluirmos toda a cadeia de produção. A segunda parte é oriunda dos combustíveis fósseis e processos industriais a partir da cadeia de suprimentos e produção de volumosos e concentrados para alimentar os animais, e a terceira parte pelo processamento e distribuição dos produtos oriundos da cadeia (QUEIROZ et al., 2014).

Segundo FAO (2014), a maior fonte de emissão de  $CH_4$  é dentro da pecuária através da fermentação entérica, onde o metano produzido pela pecuária durante a

digestão e expulsão através do rúmem. Esta emissão representou em 2011, 39% das emissões totais de gases de efeito estufa do setor e aumentou 11% entre 2001 e 2011. Já para a emissão de  $\text{NO}_2$ , os dejetos de animais em pastagem são as mais importantes, com 47,5% da emissão desse gás (BRASIL, 2010)

Estudos com ruminantes demonstram que a emissão de metano depende da quantidade de alimento ingerido e da qualidade da dieta, sendo que, geralmente, dietas com elevada digestibilidade proporcionam maior consumo com menor emissão de metano por unidade de alimento ingerido, do que dietas de baixa qualidade (Pedreira et al., 2004; Oliveira et al., 2007). Além da qualidade da dieta, fatores intrínsecos aos animais, como suas características genéticas e a microflora ruminal interferem na emissão de metano entérico (Hammond et al., 2008).

#### **2.1.5. Emissões de óxido nitroso e metano do solo com pastagem**

As áreas de pastagens no Brasil evoluíram significativamente com a introdução dos capins do gênero *Brachiaria* e seus cultivares, que se adaptaram as condições edafoclimáticas dos trópicos, sendo predominante nas pastagens existentes e em formação (BODDEY et al., 2003). Apesar de serem a base da alimentação animal na pecuária nacional, as pastagens tem apresentado rápido e acentuado declínio em sua capacidade produtiva em decorrência dos processos de degradação, limitando e inviabilizando a produção de carne e/ou leite em muitas regiões do país PERON e EVANGELISTA (2004).

A pecuária bovina no Brasil é quase toda baseada no uso de pastagens, o que lhe confere vantagens, como o baixo custo de produção e a capacidade de oferecer melhores condições de sanidade e conforto animal. Ao contrário do que se pensava até recentemente, a intensificação do uso das pastagens pode contribuir para a remoção do  $\text{CO}_2$  atmosférico, e mitigar o efeito estufa e suas consequências ao meio ambiente em razão do aquecimento global (BRAGA, 2008).

Em pastagens, a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  está relacionada com a quantidade de esterco e urina depositados e com a concentração de nitrogênio nestes dejetos (Groenigen et al., 2005). O fator de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  é a razão entre quantidade de N perdida na forma de  $\text{N}_2\text{O}$  e a quantidade de N total adicionada ao solo via dejetos (De Klein et al., 2003). Este fator é utilizado para elaboração de inventários de emissão de  $\text{N}_2\text{O}$ , sendo que o IPCC (2006) recomenda a utilização de um fator

médio, para excretas de bovinos de 2% do N aplicado com variações de 0,7 a 6% (IPCC, 2006).

De acordo com Sagar et al. (2007), ocorre variabilidade espacial e temporal das emissões de óxido nitroso, devido à excreção errática dos dejetos animais, à heterogeneidade espacial dos solos, ao pisoteio animal e compactação superficial do solo pós pastejo e, às características naturais dos processos de emissão de  $N_2O$ , além do uso de fertilizantes nitrogenados. Os padrões de distribuição das dejeções nas pastagens podem dificultar a obtenção de estimativas de emissão precisas, devido à falta de representatividade da área amostrada (Braz et al., 2003; Ferreira et al., 2004). Conforme se intensifica o uso das pastagens, aumenta a importância das emissões de  $N_2O$ , devido ao maior acúmulo de dejeções, especialmente a urina, ao aumento no uso de fertilizantes nitrogenados e, em casos isolados, ao uso de irrigação.

De acordo com MCT (2010) em áreas de pastagem com deposição de dejetos, o componente principal que contribui para emissões de  $CH_4$  no solo é o esterco, cuja emissão pode estar associada a maior retenção de água pelo solo e a formação de sítios de anaerobiose causados principalmente pelo pisoteio do animal (CARDOSO, 2012).

#### **2.1.6. Potencial de Aquecimento Global**

O Carbono equivalente ( $CO_{2eq}$ ) fornece um padrão universal de medida o qual os impactos de emissão ou da prevenção de diferentes GEE podem ser avaliados. Cada GEE possui um potencial de aquecimento global (PAG) que representa uma medida do impacto que um em particular tem sobre o FR (forçamento radiativo). Esta medida será um indicador de quanto um determinado gás irá contribuir para o aquecimento global e compara o FR de uma tonelada de um GEE para um determinado intervalo de tempo com uma tonelada de  $CO_2$ , mostrando a contribuição relativa na atmosfera de 1 t de um determinado gás em comparação com a emissão de 1t de  $CO_2$  (IPCC, 2007). De acordo com IPCC, (2007) o intervalo de tempo deu-se o nome de horizonte de tempo, que seria o período de análise contanto a partir da emissão espontânea do GEE (IPCC, 2007). O PAG de um determinado gás descreve seu efeito na variação do clima relativo à mesma quantidade de  $CO_2$  (ANDRADE, 2007). O  $CO_2$  foi escolhido como gás de referência, pois é emitido em maior quantidade e suas emissões são afetadas por ações

antrópicas que contribuem para o aquecimento global. Essa unidade mede a massa de CO<sub>2</sub> que, se emitida, causaria o mesmo forçamento radiativo em um determinado tempo que a emissão de outro GEE (IPCC, 2007). Na Tabela 1 são apresentados os PAGs para alguns gases por horizontes de tempo, bem como o tempo de permanência dos gases na atmosfera e seus FRs.

Tabela 1 – Potencial de aquecimento global para GEE em relação do CO<sub>2</sub>

Gás	Fórmula química	FR (W/m <sup>2</sup> )	Tempo de vida (anos)	GWP Horizonte de tempo		
				20	100	500
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1,66	*	1	1	1
Metano	CH <sub>4</sub>	0,48	12	72	25	7,6
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	0,16	114	289	298	153
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	0,0033	270	12.000	14.800	12.200
Tetrafluorometano	CF <sub>4</sub>	0,0034	50.000	5.210	7.390	11.200
Hexafluoreto de enxofre	SF <sub>6</sub>	0,0029	3.200	16.300	22.800	32.600

\* CO<sub>2</sub> não possui um único tempo de vida, sendo removido da atmosfera por diversos processos que operam em diferentes escalas de tempo, sendo transferido para diversos reservatórios, podendo, eventualmente, o CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Fonte IPCC (2007).

### 2.1.7. Sistema de Produção Florestal com acácia-negra

A *Acacia mearnsii* De Wild. (Fabaceae), popularmente conhecida como acácia-negra, é uma leguminosa fixadora de nitrogênio que ocorre naturalmente em regiões temperadas, úmidas e sub-úmidas do sudeste australiano. Esta espécie é encontrada a partir do nível do mar, em diversas áreas costeiras da Nova Gales do Sul (New South Wales), Victoria e Tasmânia, chegando a altitudes de até 1070 m em Nova Gales do Sul (BARRICHELLO, 2003; LORENZI et al.2003; MIDGLEY & TURNBULL, 2003; ATTIAS, 2013).O primeiro plantio brasileiro de acácia foi em 1918 e realizado por Alexandre Bleckmann (SCHNEIDER et al., 1991; ATTIAS, 2013). Em 1928 foi realizado o primeiro plantio comercial, por Júlio Lohman. Este introduziu a acácia-negra em larga escala no município de Estrela, no Rio Grande do Sul, a partir de sementes trazidas da África do Sul (LORENZI et al., 2003; RACHWAL et al., 2008; ATTIAS, 2013).

A acácia-negra apresenta uma expressiva área cultivada no Rio Grande do Sul (156.377 ha), representando em torno de 87% da área total plantada com esta

espécie no Brasil (ABRAF, 2006), contribuindo-se em excelente opção para compor sistemas silvipastoris. A utilização de espécies leguminosas, como a acácia, favorece a fixação de N no solo, no entanto, o aumento da quantidade de N favorece a ocorrência dos processos de nitrificação e desnitrificação, os quais são responsáveis pela emissão de  $N_2O$  para a atmosfera (KONDA et al., 2010; INAGAKI e ISHIZUKA, 2011). No entanto o desenvolvimento dessa planta depende das condições edafoclimáticas regionais (CALDEIRA et al., 2001).

A Acácia-negra caracteriza-se pelo porte entre 5 e 15 metros de altura, folhas compostas alternas, inflorescências densas e flores amarelo-claras muito perfumadas (LORENZI et al., 2003; MIDGLEY e TURNBULL, 2003; ATTIAS, 2013). O florescimento, assim como na maioria das espécies deste gênero, ocorre imediatamente após a fase juvenil e, a partir desse momento, se repete todos os anos (KODELA e HARDEN, 2002; CHARÃO, 2005). Os principais polinizadores são as abelhas. A multiplicação desta planta é realizada por pequenas sementes escuras que, em sua área de distribuição nativa, são produzidas em grandes quantidades entre outubro e fevereiro. Quando secas, as vagens deiscentes caem por ação da gravidade e dão início ao processo de dispersão. As sementes podem ser coletadas por formigas e outros invertebrados e muitas vezes são estocadas em formigueiros, podendo permanecer viáveis por mais de 37 anos (BROWN e KO, 1997; KODELA e HARDEN, 2002; LORENZI et al., 2003; MIDGLEY e TURNBULL, 2003; CHARÃO, 2005; ATTIAS, 2013).

Suas maiores taxas de crescimento são observadas, em solos mais profundos e bem drenados, porém, também se estabelece em áreas com condições menos favoráveis. Em zonas temperadas está adaptada a solos ácidos, grande amplitude de variação do pH (pH 4.5-7.0) e variando de topografia plana a moderadamente montanhosa. A capacidade de adaptação a diversos tipos de clima, solo e topografia é uma das causas do estabelecimento bem sucedido da acácia-negra diversas regiões do mundo (BARRICHELLO, 2003; MURARI, 2005). Devido às suas características biológicas, esta espécie é utilizada com frequência em reflorestamentos para recuperação de solos degradados e, recentemente, para sequestro de carbono (MURARI, 2005; SCHNEIDER et al. 2005; ATTIAS, 2013).

Esta espécie de leguminosa, associada a bactérias do gênero *Rhizobium*, é uma importante fixadora de nitrogênio, podendo fixar de 200 a 225 kg  $ha^{-1}ano^{-1}$  em seus tecidos (SHERRY, 1971; AUER e SILVA, 1992). Como consequência, este



nitrogênio é depositado sobre o solo, em forma de serapilheira, levando a modificação de características químicas do solo (MURARI, 2005). Adicionalmente, *A. mearnsii* também é utilizada para a fixação de carbono atmosférico (SCHNEIDER et al. 2005). Estima-se que os plantios brasileiros desta das espécies a acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wind) e acácia (*Acacia mangium* De Willd) ocupam 148,3 mil hectares (2,1% da área total) (ABRAF, 2013). No Rio Grande do Sul a acácia-negra é uma das principais espécies florestais plantadas, tendo produzido, em 2012, mais de 103 mil toneladas de cascas, sendo o estado o único fornecedor deste produto no país (IBGE, 2012).

Embora a acácia-negra apresente elevado potencial de fixação de  $N_2$  (SCHUMACHER et al., 2003), a quantidade de  $N_2$  fixado e o conseqüente sucesso na implantação da floresta dependem da eficiência da estirpe de rizóbio que esteja atuando no processo. Sabe-se que as espécies do gênero *Acacia* são noduladas por rizóbios pertencentes aos gêneros *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium* e *Bradyrhizobium* (LAFAY e BURDON, 2001), além de uma bactéria do gênero *Ochrobactrum* (NGOMET al., 2004), que nodula *Acácia mangium*. Com relação a *A. mearnsii*, acreditava-se que a espécie estabelece relações simbióticas apenas com estirpes de *Bradyrhizobium*, as quais apresentariam elevado grau de especificidade (LEITÃO, 1997). Contudo, mais recentemente, constatou-se que, apesar de as estirpes de *Bradyrhizobium* serem predominantes, *A. mearnsii* também é nodulada por *Rhizobium tropici* (LAFAY e BURDON, 2001).

Em sistema de silvicultura com *A. mearnsii* em 6 anos de cultivo houve sequestro de C através dos produtos madeireiros de  $77,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (divididos em  $48,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$  na madeira,  $6,2 \text{ Mg C ha}^{-1}$  na casca,  $10,6 \text{ Mg C ha}^{-1}$  nos galhos,  $2,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$  nas folhas e  $9,6 \text{ Mg C ha}^{-1}$  nas raízes (BARICHELLO et al., 2005; SAIDELLES et al., 2009, GODOI, 2012), comprovando o potencial para adição de C ao solo e sequestro de C em produtos madeireiros da silvicultura em solos do Pampa Gaúcho. O uso desta espécie apresentou potencial de mitigação do aquecimento global, com valores de  $-5684 \text{ kg CE-C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Esse resultado se deve principalmente ao conteúdo de COT adicionado ao solo com o cultivo da silvicultura e o C armazenado nos produtos madeireiros, contribuindo para aumentar o sequestro de C da atmosfera.

Percebe-se de maneira geral da necessidade de mais estudos para avaliação ambiental, técnica e econômica do efeito de diferentes arranjos do componente florestal com a produtividade animal e vegetal, e o potencial de geração de serviços ambientais, inclusive mitigação da emissão de GEE, em diferentes sistemas de produção e nos diferentes biomas brasileiros.

#### **2.1.8. Acúmulo e ciclagem de nutrientes no solo em plantio florestal**

As plantações florestais causam menos impactos que qualquer outra cultura intensiva; entretanto, precisam estar em harmonia com as prioridades ecológicas e sociais da região. Ecologicamente constituem-se em áreas de sucessão secundária, controlada e dirigida pelo silvicultor e mantida sempre na fase juvenil de elevada produtividade (MOCHIUTTI, 2007).

As principais entradas de nutrientes no ecossistema florestal ocorrem via intemperismo, precipitação, fixação assimbiótica e simbiótica de nitrogênio e fertilização. Já a saída de nutrientes ocorre via lixiviação, erosão, volatilização e remoção do material orgânico, com a exploração de diferentes partes da planta, retirado da manta florestal (Reis e Barros, 1990). Os autores mencionados ainda comentam que a intensidade de perdas de nutrientes por meio da lixiviação depende do tipo de manejo imposto ao ecossistema, onde essas perdas podem aumentar consideravelmente após a exploração, especialmente quando há queima de resíduos orgânicos, seguida de chuva de alta intensidade.

Schumacher e Poggiani (2005) afirmam que a ciclagem de nutrientes em florestas, ou mesmo plantações, pode ser analisada por meio da compartimentalização da biomassa acumulada nos diferentes estratos e a quantificação das taxas de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos, pela produção de serapilheira, sua decomposição, lixiviação e outros. Podem ser considerados, como compartimentos da floresta: a biomassa acima do solo das árvores, a serapilheira, a biomassa das raízes, o solo, entre outros.

As espécies florestais, nos primeiros meses de seu plantio, acumulam pequenas quantidades de nutrientes, sendo que, nesse período, as plantas alocam grande quantidade de fotossintetizantes e nutrientes existentes em sua copa para a síntese de raízes. Após a adaptação das plantas a campo, começa a fase de intenso crescimento e acúmulo de nutrientes, elevadas taxas de absorção que se

relacionam diretamente com a idade. Já após o fechamento das copas, o acúmulo de nutrientes ocorre com mais intensidade nos troncos, uma vez que a formação das copas atinge uma fase de relativa estabilidade, pois o autosombreamento impõe uma área foliar máxima limite (GONÇALVES et al., 2005).

Os autores Moreira e Siqueira, 2006 citam que a queda de resíduos senescentes da parte aérea das plantas no solo forma o conjunto serrapilheira-solo e é nesta faixa que ocorre as interações entre o solo e a vegetação. A serrapilheira pode ser definida como o material decíduo na superfície do solo da floresta e é constituída por folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da planta, além de restos de animais e material fecal. A quantidade e a qualidade da serrapilheira são variáveis, pois dependem de fatores, como a composição da comunidade vegetal, o clima, o solo, as características genéticas das plantas, a idade e a densidade da planta (CORREIA e ANDRADE, 2008).

A serrapilheira das plantas é o principal responsável pela formação da matéria orgânica do solo nos ecossistemas florestais. Diferentes relações C/N, teores de lignina e outros, irão interferir significativamente nessa composição, pois cada material será preferencialmente depositado por um grupo diferente de microorganismos (FREIXO et al., 2000).

As folhas caracterizam-se como o mais importante compartimento metabólico das árvores. A distribuição e o conteúdo total de nutrientes na copa das árvores são afetados principalmente, por alterações na qualidade de biomassa, em seus diferentes estágios fisiológicos (BELLÓTE e SILVA, 2005). De acordo com os mesmos autores, as folhas refletem melhor seu estado nutricional, com relação significativa entre a disponibilidade nutricional no solo e os seus teores nas folhas, relação esta que afeta diretamente a produtividade.

A melhoria da qualidade do solo, como benefício ambiental, também está diretamente ligada ao desempenho produtivo do sistema (benefício técnico), sendo um dos principais benefícios promovidos por sistemas integrados. Sistemas com árvores dispostas em nível minimizam as perdas de solo por erosão hídrica e eólica. A deposição de serrapilheira contribui para aumentar o teor de carbono no solo, incrementando a disponibilidade de água e de nutrientes com concomitante aumento na diversidade de micro e mesorganismos do solo, além de melhorias nos atributos físicos do solo. O uso de espécies florestais leguminosas contribui na fixação de

nitrogênio e reciclagem de nutrientes. Esses benefícios são associados ao menor uso de insumos como fertilizantes e agrotóxicos (ALMEIDA et al, 2012).

Quanto ao sequestro de carbono e potencial de mitigação de gases de efeito estufa (GEE), em sistemas de integração com árvores de rápido crescimento e considerando um período de cultivo de 11 anos, aproximadamente 5,0 t de  $C_{eq}$   $ha^{-1}ano^{-1}$  são fixadas somente no tronco das árvores, sendo que isso equivale à neutralização da emissão de GEEs de 13 bois adultos por ano (GRUPO... 2009). Considerando que a taxa de lotação média das pastagens brasileiras é de 1,2 animal/ha, fica evidente a relevância desses sistemas na melhoria das condições ambientais da pecuária.

### **3. HIPÓTESES**

As emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo em plantações de acácia-negra são maiores que em solo de pastagem nativa.

As emissões de  $\text{CH}_4$  do solo em plantações de acácia-negra são menores que em solo de pastagem nativa.

O óxido nítrico pode ser considerado como contribuinte no potencial de aquecimento global em plantações de acácia-negra e em pastagem nativa.

## 4. OBJETIVOS

### GERAL

Avaliar as emissões dos gases de efeito estufa (GEE) metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) do solo em plantações de acácia-negra de três e dez anos em comparação a pastagem nativa.

### ESPECÍFICOS

Estimar o fluxo de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) do solo em plantações de acácia-negra de três anos de idade.

Estimar o fluxo de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) do solo em plantações de acácia-negra com dez anos de idade.

Estimar o fluxo do gás óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) do solo em pastagem nativa.

Determinar as concentrações de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) do solo das plantações de acácia-negra e pastagem nativa.

Comparar os fluxos de metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) do solo entre o plantio de acácia-negra e pastagem nativa.

## 5. ESTUDOS REALIZADOS

### 5.1. EMISSÕES DE METANO E ÓXIDO NITROSO DO SOLO EM PLANTIO DE ACÁCIA-NEGRA DE TRÊS ANOS EM COMPARAÇÃO COM A PASTAGEM NATIVA NO MUNICÍPIO DE CERRITO-RS

#### 5.1.1. Resumo

Devido ao crescimento populacional, houve um aumento na demanda por alimentos no setor agropecuário e consequentemente impactos antrópicos ao meio ambiente como a emissão de gases de efeito estufa como o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ). O objetivo deste estudo foi avaliar as emissões dos gases  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  em plantio de acácia-negra com três anos de implantação em comparação a pastagem nativa. O estudo foi realizado por um período de um ano, em plantio de acácia-negra implantado em 2011. Amostras de ar foram coletadas pelo método de câmaras estáticas manuais e as concentrações dos gases determinados por cromatografia gasosa. Em uma única vez, foram coletadas amostras de solo indeformadas para determinação da densidade do solo. Para cada evento de coletas de amostras de ar, eram coletadas amostras de solo compostas de aproximadamente 50 g, na camada de 0-5 cm ao redor das câmaras, para determinação da umidade gravimétrica, o EPPA e os teores de nitrogênio mineral (nitrato e amônio). Dessa mesma amostra foi determinado somente uma vez durante as avaliações o estoque de carbono do solo (ECS). Foram encontrados maiores valores de  $\text{N}_2\text{O}$  para a área de acácia, que ocorreram na primavera e início do verão em função da temperatura, EPPA e dos maiores teores de N mineral na área de acácia, com média dos tratamentos de  $4,0 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Na acácia as emissões médias de  $\text{CH}_4$  ( $6,39 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) foram inferiores a pastagem nativa ( $14,28 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), em decorrência de alta precipitação (alta EPPA), temperaturas e também pelo pastejo de bovinos. O plantio de acácia apresentou maiores concentrações de  $\text{NO}_3^-$  no solo e o estoque de carbono do solo (ECS) os dois tratamentos foram semelhantes. O plantio da leguminosa acácia-negra implantado há três anos apresenta emissões anuais totais de óxido nitroso e de metano equivalentes a de área de pastagem nativa e o  $\text{N}_2\text{O}$  foi o gás de efeito estufa que mais contribuiu para o potencial de aquecimento global parcial.

### 5.1.2. Introdução

A população mundial passou de dois bilhões para sete bilhões de pessoas nos últimos 50 anos (UNFPA, 2015). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), só o Brasil tem uma população de 199.242.462 milhões de habitantes. Diversas pesquisas mostram que, para alimentar a população mundial, a produção agrícola terá que crescer, até 2050, cerca de 70%, se comparada à produção agrícola do ano 2000 (EPAMIG, 2010). Com o desenvolvimento agropecuário do Brasil, que remete a um grande desenvolvimento tecnológico e produtivo no agronegócio, ampliando as exportações, a renda dos produtores, a oferta de alimentos com melhor qualidade e menor custo aos consumidores (MACEDO, 2009). Na pecuária brasileira houve mudanças em busca de maior produtividade de maneira sustentável. Cada dia mais os consumidores se preocupam com a responsabilidade social, ambiental e com a segurança alimentar. Contudo, são necessárias transformações dos sistemas de produção tornando-os mais eficientes, atendendo as exigências do mercado, com competitividade, para garantir retorno econômico ao produtor e assegurar produtos sustentáveis e sociais e ambientalmente corretos (LEONEL et al., 2009).

Para que haja sustentabilidade, é necessário que um agroecossistema continue produtivo por um longo período de tempo sem degradar sua base de recursos, maximizando a quantidade de produtos agrícolas e preservando os recursos naturais (GLIESSMAN, 2008). Com isso surgem os sistemas de produção sustentáveis, que são idealizados e realizados mediante o uso e o manejo ético e responsável dos recursos naturais, de forma a atender às necessidades atuais, sem comprometer as gerações futuras. Vale salientar que um sistema agrícola sustentável é aquele ambientalmente adequado, economicamente viável e socialmente justo (BALBINO et al, 2011).

Na busca por alternativas para o uso múltiplo da terra, diferentes modalidades de produção se fazem necessárias, tendo em vista as consequências ecológicas das práticas inadequadas, em diferentes regiões do país, de utilização dos recursos naturais. Nas últimas décadas, novas mudanças de uso do solo estão ocorrendo no sul do Brasil, regiões de campo nativo e agricultura estão sendo transformados em áreas com silvicultura. Segundo a ABRAF (2011), na região do Pampa Gaúcho a área cultivada com silvicultura aumentou cerca de 21%, nos últimos cinco anos, inserindo espécies exóticas, como *Acacia* sp., tendo em



vista a importância econômica dos cultivos florestais. Dentre os principais usos da acácia destacam-se a extração de tanino e o uso da madeira para energia e fabricação de celulose e papel (BARICHELO et al., 2005).

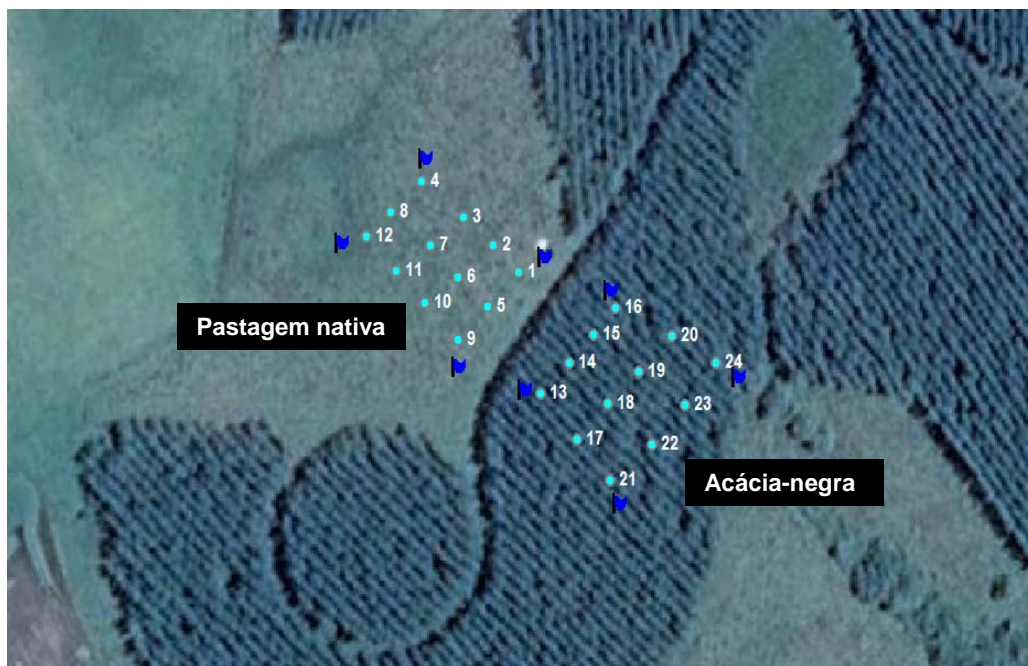
Neste contexto, o presente estudo dá-se a importância social, econômica e ambiental do funcionamento desse sistema, bem como os serviços ambientais que eles podem proporcionar no entendimento sobre os fluxos de GEE em florestas plantadas, na tentativa de minimizar os impactos ocasionados pelo manejo do solo. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar as emissões de  $N_2O$  e  $CH_4$  do solo em plantio de acácia-negra de três anos de implantação em comparação a pastagem nativa.

### **5.1.3. Material e métodos**

#### **5.1.3.1. Descrição da área experimental**

O estudo foi conduzido no período de setembro de 2014 a agosto de 2015, em uma área de produção comercial da empresa Tanagro S.A. (Fazenda Cerrito), localizada no município de Cerrito-RS. Na área experimental, foram selecionadas duas áreas adjacentes, uma cultivada com acácia-negra com trânsito de bovino implantada entre julho e setembro de 2011 e depastagem nativa (Fig. 1). As coordenadas geográficas dessas áreas experimentais são as seguintes: acácia-negra  $31^{\circ}46'56,35920''S$  e  $52^{\circ}47'07,01160''O$ , com 7% a 9% de declividade e 86 m de elevação; epastagem nativa  $31^{\circ}46'55,99560''S$  e  $52^{\circ}47'07,83240''O$ , com declividade entre 7 a 9% e 98 m de elevação. A área total da fazenda Cerrito é de 404 ha, sendo 248ha cultivados com acácia-negra, ocasião em que recebeu adubação de 50 g da formulação 4-12-8 por muda.

O clima da área experimental é do tipo Cfa (subtropical úmido, com temperatura média anual entre 18 e 19°C) (MORENO, 1961). O solo das áreas avaliadas foi classificado como Cambissolo Háplico Distrófico típico A proeminente, textura franco argiloarenosa/muito argilosa fase relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). O uso atual do solo da Fazenda Cerrito consiste em plantações de acácia-negra com trânsito de bovinos, com lotação 0,3 cabeças de gado por hectare e o uso de sistema de rodízio de poteiros, realizado semanalmente durante o período de avaliação.



**Figura 1** - Vista aérea da área experimental com a localização das áreas ocupadas com plantio de acácia-negra com três anos e pastagem nativa. Fonte: Google Earth adaptado por Vairton Radmann 2014.

#### 5.1.3.2. Instalação e condução do experimento

O experimento compreendeu dois sistemas de uso do solo, sendo distribuídos em talhões de produção comercial, conforme descrito abaixo:

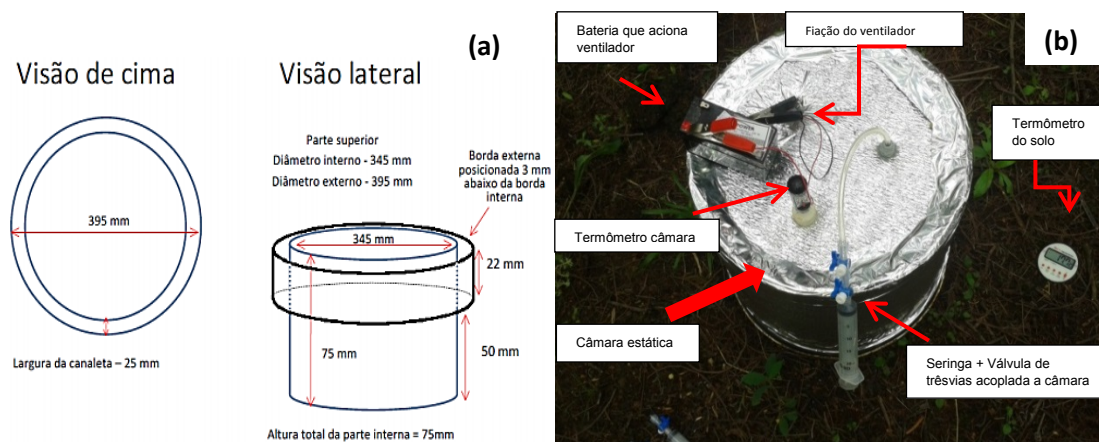
Acácia-negra de primeira rotação, com três anos de implantação e espaçamento entre linhas de 3,0 m e 1,30 m entre plantas;

Pastagem nativa (área de referência), apresentando estado de conservação ruim e com sobre pastejo percebido pela compactação do solo e baixa quantidade de biomassa.

Na área de plantio de acácia foi demarcada uma parcela de 750 m<sup>2</sup> (30 m x 25 m), na qual foram distribuídos 12 bases de sistema coletoras para avaliação de emissões de gases de efeito estufa. Dessas, seis foram instalados na linha de plantio de acácia e seis nas entrelinhas das árvores. Utilizou-se um espaçamento de 7 m entre os coletores. Para a área de pastagem nativa, demarcou-se uma parcela de 500 m<sup>2</sup> (25 m x 20 m), na qual distribuíram-se, também, 12 bases de sistemas coletores de gases de efeito estufa. Durante todo o período de avaliação, os animais transitavam nas áreas avaliadas.

### 5.1.3.3. Coleta e análise de amostras de gases de efeito estufa

As coletas das amostras de gases foram realizadas seguindo a metodologia da câmara estática fechada (MOSIER, 1989), constituída por base e câmara. As bases utilizadas foram confeccionadas em aço galvanizado, consistindo em um anel interno, o qual é cravado no solo a 5 cm de profundidade, e uma canaleta interna (Fig. 2a), na qual se encaixa a câmara estática durante os períodos de coleta. As câmaras estáticas foram confeccionadas a partir de recipientes cilíndricos de poliuretano com capacidade para 30 L (36 cm de diâmetro e 36 cm de altura). Na parte superior dos recipientes, foram abertos três orifícios e instalada fiação para alimentação de um ventilador, válvulas de três vias e termômetro. Após, o recipiente foi recoberto com manta térmica, coladas com fita *silver tape*. A borda do recipiente foi contornada com uma borracha do tipo tarugo, para vedar a entrada e a saída de ar no momento das coletas, de forma a constituir um sistema fechado. As câmaras foram equipadas com termômetro digital tipo espeto, ventilador interno e tubo vedado, utilizado para a coleta da amostra de ar (Fig. 2b).



**Figura 2** - Vista da base de aço (a), câmara estática, bateria, termômetro do solo e da câmara e seringa + válvula de três vias (b) para coleta dos gases de dióxido de carbono, óxido nitroso e metano.

O termômetro instalado nas câmaras media a temperatura do ar no interior das câmaras nos tempos de coletas, estabelecidas em 0, 15, 30 e 45 minutos após seu fechamento. O ventilador era acionado com o uso de uma bateria externa e ligado por 30 segundos antes de cada tempo de coleta, de forma a proporcionar a circulação do ar no interior das câmaras. Os tubos vedados eram utilizados para a retirada das amostras de ar manualmente com o uso de seringas de polipropileno de

20 mL. As amostras de ar coletadas e armazenadas nas seringas foram transferidas ainda no campo para frascos de vidros evacuados e com tampa de borracha, impedindo assim a dispersão das amostras, e acondicionadas em caixas térmicas com bolsa de gel congelada. Em cada um dos tempos de coleta de amostras de ar, eram realizadas determinações da temperatura do solo, na profundidade de 0-5 cm de profundidade. Para tanto, utilizavam-se três termômetros tipo espeto instalados ao acaso na área experimental.

As avaliações de emissões de gases de efeito estufa foram realizadas por um ano (setembro de 2014 a agosto de 2015), com intervalos de três semanas. As coletas foram realizadas sempre no período da manhã, entre 8:00 h e 12:00 h. As concentrações dos gases CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O nas amostras foram determinadas por cromatografia gasosa, em cromatógrafo gasoso Shimadzu 2014 Modelo “Greenhouse”, pertencente a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os dados de concentração medidos em cada câmara foram tabulados, calculando-se, para cada coleta, os valores médios das 12 repetições de cada tratamento. As emissões de N<sub>2</sub>O e de CH<sub>4</sub> foram expressas em µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente e foram calculados a partir da variação da concentração de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> nos tempos 0, 15, 30 e 45 minutos dentro da câmara, com o uso da equação:

$$f = \left( \frac{\Delta Q}{\Delta t} \right) \times \left( \frac{PV}{RT} \right) \times \left( \frac{M}{A} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: f é o fluxo de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), Q é a quantidade do gás (µmol mol<sup>-1</sup>) na câmara no momento da coleta, t é o tempo da amostragem (min), P é a pressão atmosférica (atm) no interior da câmara - assumida como 1 atm, V é o volume da câmara (L), R é a constante dos gases ideais (0,08205 atm L mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>), T é a temperatura dentro da câmara no momento da amostragem (K), M é a massa molar do gás (µg mol<sup>-1</sup>) e A é a área da base (m<sup>2</sup>). A taxa de aumento do gás no interior das câmaras foi obtida pelo coeficiente angular da equação da reta ajustada entre a concentração dos gases e o tempo. A partir dos valores de fluxo calculados, foram estimadas as emissões diárias; a emissão total do período avaliado foi calculada pela integração da área sob a curva obtida pela interpolação dos valores diários de emissão de N<sub>2</sub>O e de CH<sub>4</sub> do solo (Gomes et al., 2009).

Com base na emissão acumulada de  $\text{CH}_4$  e de  $\text{N}_2\text{O}$  e considerando o potencial de aquecimento global de cada gás em relação ao dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), 25 vezes, para o  $\text{CH}_4$ , e 298, para o  $\text{N}_2\text{O}$ , foram calculadas as emissões em quantidade de  $\text{CO}_2$  equivalente, cuja soma foi denominada de Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp).

#### 5.1.4. Variáveis de Solo e de Clima

Algumas variáveis do solo foram medidas, visando auxiliar na compreensão da dinâmica dos fluxos de GEE do solo. Desta forma, amostras de solo foram coletadas, 0-5 cm de profundidade, por ocasião das coletas de gases. Para tanto, com o auxílio de trado calador, coletaram-se amostras do entorno de cada câmara, totalizando aproximadamente 50 g. Estas foram divididas em duas partes, uma delas foi utilizada para a determinação da umidade gravimétrica e o restante, para a determinação dos teores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Para avaliação da umidade, as amostras de solo foram secas em estufa a  $105^\circ$  por 48 horas (TEDESCO et al. 1995). Por sua vez, para a determinação das concentrações de amônio e nitrato, pesavam-se, em duplicata, 5 g de solo úmido, as quais eram extraídas com 50 mL de cloreto de potássio (KCl) 1 M. A determinação dos teores de nitrato e amônio foi feita pelo método de microdestilação a vapor proposto por Bremner (1965), utilizando-se óxido de magnésio para alcalinizar o meio e liga de devarda para reduzir o nitrato à amônia, sendo os valores expressos em  $\text{mg kg}^{-1}$  de  $\text{NH}_4^+$  e de  $\text{NO}_3^-$ .

Por ocasião do início das avaliações foi realizada, ainda, uma coleta de solo para avaliação do estoque de carbono. Para tanto, utilizaram-se amostras de solo indeformadas, coletadas na camada de 0-5 cm de profundidade no entorno de cada sistema coletor de gases. Nestas, determinaram-se a densidade do solo, pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 2011). Na mesma ocasião e local, foram coletadas amostras de solo compostas (camada de 0-5 cm) para a determinação do teor de carbono total, pelo método de combustão seca, em analisador elementar Leco TruSpec CHN. O estoque de carbono foi calculado utilizando-se os dados de densidade do solo e de teor de carbono, considerando-se a espessura de camada de solo amostrada. No cálculo, utilizou-se a fórmula:

$$ECS = \frac{(C \times DS \times p)}{10} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: ECS = estoque de carbono do solo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ); C = teor de carbono do solo ( $\text{g kg}^{-1}$ ); DS = densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) e p = espessura da camada do solo (cm). Com base nos valores de umidade gravimétrica e densidade do solo, foi calculada a porosidade preenchida por água (PPA em %), através da fórmula:

$$EPPA = \frac{[(\theta_g \times \sigma_s)]}{(1 - \sigma_s / \sigma_p)} \times 10 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:  $\theta_g$ : umidade gravimétrica ( $\text{kg kg}^{-1}$ );  $\sigma_s$ : densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) e  $\sigma_p$ : densidade de partícula, 2,65 ( $\text{Mg m}^{-3}$ ).

Utilizando-se de dados disponíveis na base do INMET, obtiveram-se os dados de precipitação ao longo de todo o período de avaliação.

#### 5.1.4.1. Análise dos dados

Para cada época de avaliação, os dados obtidos foram submetidos à análise variância ANOVA, utilizando o software SAS, comparando-se as médias de tratamentos, pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

### 5.1.5. Resultados e discussão

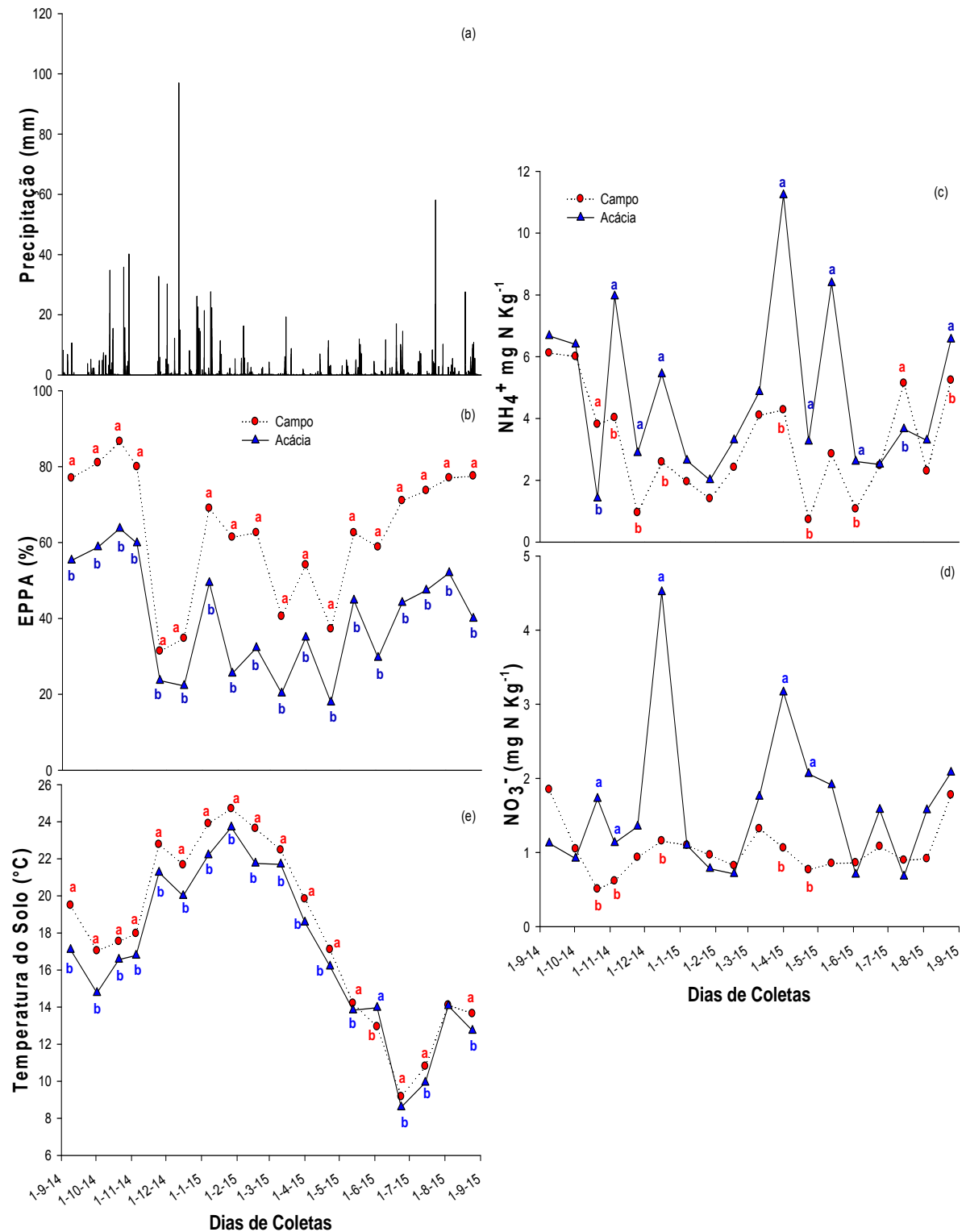
#### 5.1.5.1. Atributos do solo

Ao longo do período de avaliação a precipitação na área experimental totalizou 2230 mm, sendo a distribuição das chuvas apresentada na Fig 3a. Durante todo o período de avaliação, a temperatura média do solo na camada superficial do solo (0-5 cm) diferiu entre as áreas com acácia-negra e pastagem nativa, sendo que maiores valores foram encontrados na área de pastagem, com exceção em uma das 18 coletas realizadas, no mês de maio de 2015, em que se determinou resultado inverso (Fig. 3e). As menores temperaturas do solo medidas na área cultivada com acácia-negra são atribuídas ao sombreamento do solo pelas árvores, bem como aos resíduos de acácia depositados na superfície do solo estabelecendo uma camada relativamente densa de cobertura vegetal morta. Em relação à umidade do solo, avaliada pela variável espaço poroso preenchido por água (EPPA), determinou-se distinção entre as áreas com plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Porém,

maior conteúdo de água foi determinado na área de pastagem, com valor médio no ano de 61%, relativamente à área de acácia de 39% (Fig. 3b). Segundo Veloso (2014), o valor de espaço poroso preenchido por água é afetado pela demanda evapotranspirativa do sistema, ou seja, quanto maior a demanda menor o EPPA. Desta forma, os menores valores de EPPA encontrados na área cultivada com acácia indicam maiores demanda evapotranspirativa desse sistema, em relação a pastagem nativa.

Em relação aos teores de formas minerais de nitrogênio no solo, diferença entre as áreas de acácia-negra e pastagem foram determinadas apenas em algumas das épocas de coletas. Para o nitrato, nas cinco épocas com diferença entre os tratamentos, maiores valores foram determinados na área de acácia (Fig. 3d). Por sua vez, para o íon amônio, a ocorrência de diferença entre os tratamentos foi mais frequente, sendo verificada em dez das coletas; em oito coletas, os teores medidos foram maiores na área de acácia e nas duas demais coletas, no campo (Fig. 3c). Os maiores teores de N mineral no solo com acácia possivelmente decorre da deposição de material vegetal rico em nitrogênio no solo, visto se tratar de uma espécie leguminosa, que após os processos de decomposição e mineralização, constitui-se em fonte importante de nitrogênio para o solo.

Ainda quanto aos teores dos íons  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  no solo, destaca-se a magnitude das concentrações medidas que, de forma geral, foi maior para o amônio, relativamente ao nitrato. Os teores médios de  $\text{NH}_4^+$  ao longo do período de avaliação foram de 4,7 e 3,2  $\text{mg kg}^{-1}$ , nas áreas de acácia e pastagem, respectivamente. Por sua vez, as concentrações médias de  $\text{NO}_3^-$  no período foram de 1,6 e 1,0  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente, para as áreas de acácia-negra e pastagem. Santiago et al. (2013) relatam que a forma amoniacal predomina no solo, comparativamente à forma nítrica, o que independe da vegetação e período do ano, devido principalmente à susceptibilidade do nitrato a perdas por lixiviação em solos bem drenados (CHIKOWO et al., 2004; CRUSCIOL et al., 2011). Ademais, o nitrato é a forma nítrica preferencialmente absorvida pelas plantas, sendo, pois essa outra via de remoção do  $\text{NO}_3^-$  do solo.



**Figura 3** – Precipitação (mm) (a), espaço poroso preenchido por água (EPPA) (b), teores de  $\text{NO}_3^-$  (d) e  $\text{NH}_4^+$  (c) e temperatura do solo (e) em plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Cerrito, 2014-2015. Acácia e pastagem (área de referência).



Tanto a densidade quanto o estoque de carbono do solo, não diferiram entre as áreas de acácia-negra e pastagem nativa (Tabela 1), indicando que o período de povoamento florestal novo (três anos) não foi suficiente para interferir no estoque de carbono na camada superficial do solo, relativamente ao campo. Este resultado confirma observação de Kelling et al. (2014), que também não encontraram diferença no estoque de C na camada superficial de solo de povoamento de acácia de cinco anos, relativamente ao campo nativo.

**Tabela 1** - Estoque de carbono (ECS) e densidade do solo (DS) em plantio de acácia-negra e pastagem nativa na camada de 0-5 cm

Tratamentos	ECS	DP	CV	DS	DP	CV
	Mg ha <sup>-1</sup>		(%)	(g/cm <sup>3</sup> )		(%)
Campo	14,9a	1,4	9,3	1,41a	0,03	2,4
Acácia	13,4a	2,5	18,4	1,33 a	0,12	9,0

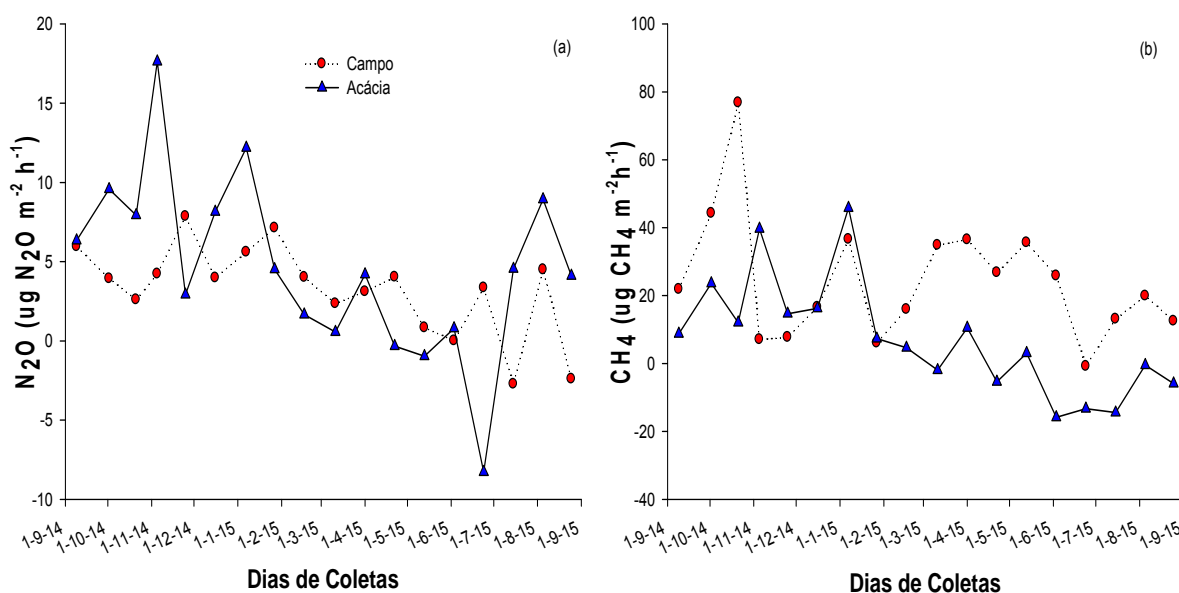
Médias seguidas de letras minúsculas distintas, nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de variação; ECS= estoque de carbono do solo e DS=densidade do solo

#### 5.1.5.2. Fluxo de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>

No período de avaliação, não se determinou diferença entre o plantio de acácia-negra e pastagem nativa quanto às emissões de N<sub>2</sub>O do solo (Fig. 4a). A magnitude dos fluxos foi pequena durante todo o ano, variando de -8,28 a 17,62 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> de N<sub>2</sub>O, com média anual de 4,00 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> de N<sub>2</sub>O. Pode-se atribuir as baixas emissões de óxido nítrico do solo em ambos os sistemas ao conteúdo relativamente pequeno de formas minerais de nitrogênio no solo, particularmente nitrato (Fig. 3d). A disponibilidade de nitrato (CARMO et al., 2005) e de amônio do solo (JANTALIA et al., 2006), bem como a alternância nas condições de oxirredução do solo, determinada pela variação no conteúdo de água, são fatores determinantes da magnitude das emissões de N<sub>2</sub>O do solo.

Quanto à sazonalidade das emissões, apenas variações discretas foram observadas ao longo do ano, sendo medidos fluxos de magnitude superior no período de primavera/verão, relativamente ao outono/inverno. No período de primavera/verão, ocorreram os dois maiores picos de emissão de N<sub>2</sub>O no sistema com acácia-negra, com valores correspondentes a 17,62 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> de N<sub>2</sub>O (novembro de 2014) e 12,18 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> de N<sub>2</sub>O (Janeiro de 2015) (Fig. 4a).

O potencial de emissão de óxido nitroso de sistema florestal com acácia-negra é maior durante o período de primavera/verão, em razão da maior atividade fisiológica das plantas e deposição de resíduos no solo (SCHUMACHER et al., 2003). Os resíduos de leguminosas, como a acácia-negra, contém elevado teor de N, decompõem-se com facilidade no solo, podendo liberar quantidades significativas de N mineral (VITAL et al., 2004; SCHUMACHER, 2010), suscetível a perdas como  $N_2O$ , nos processos de nitrificação e desnitrificação (ROCHETTE; JANZEN, 2005; PERGHER, 2014).



**Figura 4** - Emissões de  $N_2O$  (a) e  $CH_4$  (b) do solo com plantio de acácia-negra e pastagem nativa no período de um ano. Cerrito, 2014-2015.

A maior disponibilidade de formas minerais de N em solos sob florestas, associada a eventos de chuva frequentes e de magnitude elevada, especialmente na primavera, são condições favoráveis à alternância nos processos de nitrificação e desnitrificação, com a consequente produção e emissão de  $N_2O$  (ROSEKRANS et al., 2006; KONDA et al., 2010; FANG et al., 2012).

Ao avaliar povoamento de eucalipto, Veloso (2014) verificou que a variação temporal do conteúdo de água do solo (EPPA) é determinante do fluxo de  $N_2O$ , quando a temperatura e a concentração de  $NO_3^-$  não são limitantes. Segundo o autor, a emissão de  $N_2O$  pode ocorrer mesmo em solos com baixa disponibilidade de água, uma vez que a desnitrificação acontece também dentro dos agregados do

solo, onde existem espaços sem oxigênio (ROBERTSON, 2007; NOGUEIRA, 2015). De acordo com Khalil e Baggs (2005), a decomposição de resíduos eleva o consumo de oxigênio disponível no solo e aumenta a ocorrência de microsítios anaeróbios, onde há produção de  $N_2O$  pela desnitrificação. Por sua vez, o processo de nitrificação, também gerador de óxido nitroso, requer condições aeróbias e a disponibilidade de amônio no solo (BAGGS & PHILIPPOT, 2010).

Na região onde foi desenvolvido o presente estudo, normalmente, a primavera é uma estação chuvosa e o verão, mais seco. Esse padrão climático não invalida a maior deposição de resíduos de acácia e formação de serrapilheira durante o verão, uma vez que essa espécie pode apresentar elevada produção de serrapilheira também em período de menor disponibilidade hídrica (GOLLEY, 1975; VITAL et al., 2004). Segundo Moreira e Silva (2004), quando a precipitação é baixa o estresse hídrico intensifica a queda de folhas da acácia, como forma de reduzir o consumo de água, conseqüentemente, há aumento na deposição de resíduos e formação de serrapilheira.

A amplitude da variação nas emissões de  $N_2O$  na pastagem nativa foi menor relativamente ao sistema com acácia-negra, refletindo também a menor variação nas concentrações de amônio e nitrato no solo (Fig. 3c e 3d). A baixa disponibilidade de N no solo de campos pastejados pode estar associada à seletividade e preferência dos animais por espécies com maior conteúdo de nitrogênio, que são consumidos primeiro; conseqüentemente, na vegetação resultante predominam espécies com menor conteúdo do nutriente e, portanto, de decomposição mais lenta, fornecendo menos N ao solo (OLOFSSON; OKSANEN, 2002; ADAMI, 2009).

#### **5.1.5.3. Fluxo de $N_2O$ e $CH_4$**

Considerando-se os dois tratamentos, a amplitude dos fluxos de metano variou de -15,86 a 76,79  $\mu g\ m^{-2}h^{-1}$  de  $CH_4$  e a emissão média do período foi de 10,3  $\mu g\ m^{-2}h^{-1}$  de  $CH_4$  (Fig. 9b), não havendo diferença entre o plantio de acácia-negra e pastagem ao longo do período avaliado.

A despeito da igualdade estatística, as emissões de  $CH_4$  na pastagem nativa superaram aquelas medidas no plantio de acácia durante a maior parte do ano, exceção feita para o período compreendido entre novembro de 2014 e fevereiro de 2015. O pico máximo de emissão ocorreu em outubro, correspondendo a 76,79  $\mu g\ m^{-2}h^{-1}$  de  $CH_4$  (Fig. 4b).

As maiores emissões relativas da área com pastagem possivelmente refletem o maior conteúdo de água e temperatura do solo relativamente ao sistema com acácia-negra (Fig. 3b e 3e). Vale relatar que, desde o início do outono, estendendo-se até o final do mês de novembro de 2015, o clima na região de estudo foi bastante úmido, caracterizado por eventos frequentes e intensos de chuvas, com a saturação e o estabelecimento de condições anaeróbicas no solo, necessárias à produção e emissão de metano, por ação de bactérias metanogênicas (MOJEREMANE, 2013).

Cardoso (2012) relatou que, em áreas de pastagens, a emissão de  $\text{CH}_4$  está relacionada à elevada capacidade de retenção de água no solo e à formação de sítios de anaerobiose, decorrentes, principalmente, do pisoteio de animal. Em solos saturados, a produção de  $\text{CH}_4$  é afetada, também, pela composição, textura do solo e conteúdo de aceptores inorgânicos de elétrons, aspectos esses que determinam o período entre a saturação do solo e início de metanogênese (MOSIER et al., 2004; NOGUEIRA et al., 2015).

Além de apresentar durante a maior parte do ano emissões de  $\text{CH}_4$  menores que na pastagem, o plantio de acácia-negra proporcionou oxidação, ou seja, influxo de  $\text{CH}_4$  em alguns momentos, particularmente durante o inverno. Por outro lado, nesse sistema, as maiores emissões de metano ocorreram durante o verão, com pico máximo correspondente a  $45,79 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$  de  $\text{CH}_4$ . Dependendo das condições físicas, químicas e biológicas do solo, este pode atuar como fonte ou dreno de  $\text{CH}_4$  para atmosfera (PIVA, 2012).

#### **5.1.5.4. Emissão total de $\text{CH}_4$ e $\text{N}_2\text{O}$ pelo solo**

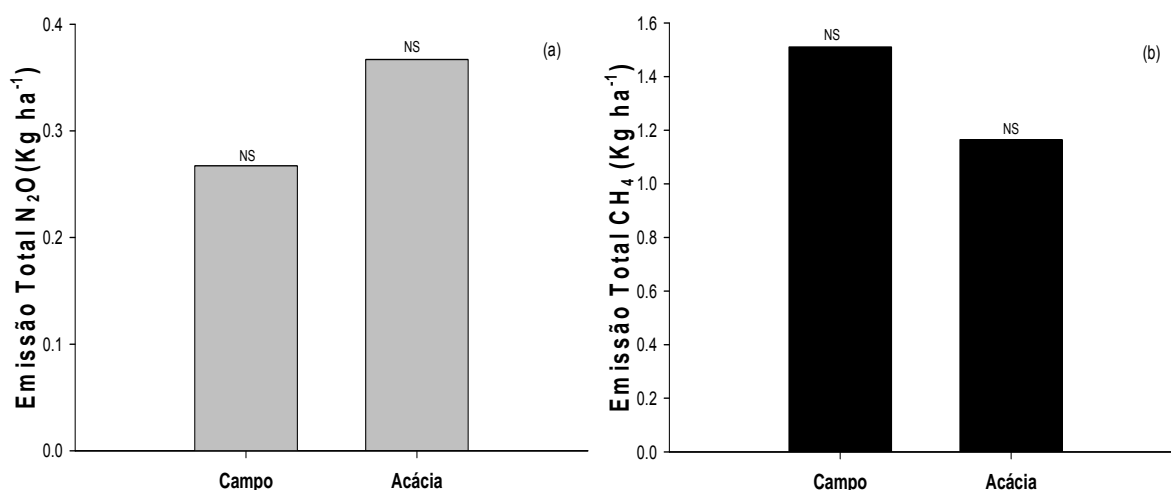
Não houve diferença entre os tratamentos quanto às emissões totais de óxido nitroso ao longo de um ano de avaliação (Fig. 10a e 10b). A emissão anual totalizou  $0,37 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{N}_2\text{O}$ , na acácia-negra de três anos e  $0,27 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{N}_2\text{O}$ , na pastagem. Esse resultado reflete as pequenas variações nos fluxos de óxido nitroso dos dois tratamentos avaliados, ao longo do período de avaliação (Fig. 9a).

As emissões totais de  $\text{N}_2\text{O}$  determinadas no presente estudo para o sistema com acácia-negra superaram aquelas medidas por Godoi (2012), para povoamento de acácia-negra com seis anos ( $0,24 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{N}_2\text{O}$ ). Por outro lado, ao se compararem as áreas de referência de ambos os estudo, verifica-se que a emissão

total de  $\text{N}_2\text{O}$  do campo ( $0,32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{N}_2\text{O}$ ) medidas por Godoi (2012) foram pouco superiores à do presente estudo. Fatores associados ao meio físico (clima e solo), bem como aspectos relacionados ao manejo e ocupação dos sistemas florestais e da área de campo devem ter determinado as diferenças nas emissões totais anuais de  $\text{N}_2\text{O}$  entre os dois estudos.

Também para o metano, as emissões totais no ano foram estatisticamente semelhantes para os dois sistemas avaliados. Essas corresponderam a  $1,16$  e  $1,51 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{CH}_4$ , respectivamente, para os sistemas com acácia-negra e a pastagem nativa. O maior potencial de emissão de metano da pastagem nativa está associado, preponderantemente, à maior temperatura e ao maior conteúdo de água no solo, em muitas ocasiões, atingindo a saturação e favorecendo a ocorrência de condições anaeróbicas, essenciais à produção e emissão de  $\text{CH}_4$  (MOSIER et al., 2004), e dificultando a difusão de  $\text{CH}_4$  até a superfície das células bacterianas metanotróficas, reduzindo, pois, sua oxidação (YAMULKI; JARVIS, 2002).

No plantio de acácia, o potencial de emissão anual total de  $\text{CH}_4$  foi menor que a área de pastagem, o que traduz a dinâmica de emissão desse gás de efeito estufa ao longo do ano, a qual contemplou eventuais ocorrências de oxidação de  $\text{CH}_4$ .

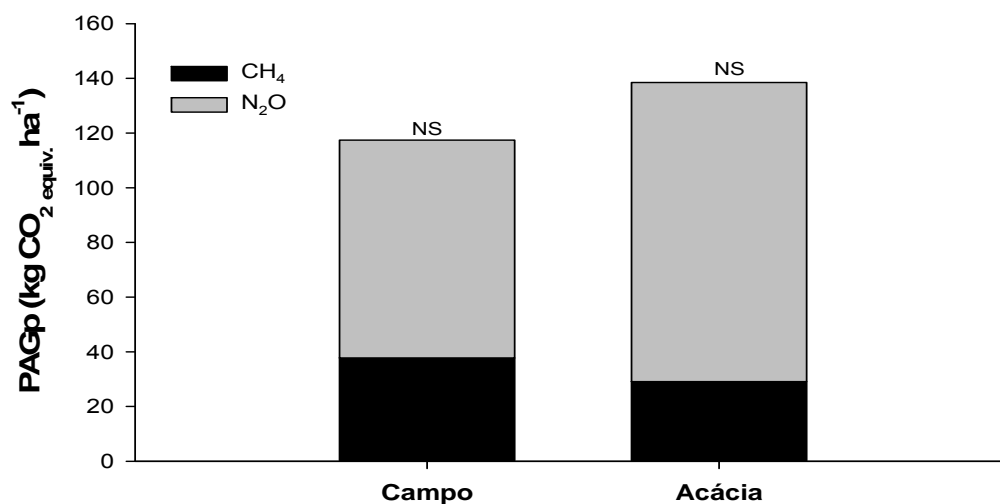


**Figura 5** - Emissão total de  $\text{N}_2\text{O}$  (a) e  $\text{CH}_4$  (b) do solo em plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Letras acima das colunas representam o teste Tukey, a 5%. NS= estatística não significativa.

#### 5.1.5.5. Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp)

O tratamento com acácia-negra de três anos apresentou potencial de aquecimento global parcial de 138,36 kg CO<sub>2</sub>eq.ha<sup>-1</sup> (Fig. 11), o qual foi um pouco superior, mas estatisticamente semelhante, àquele medido para a pastagem nativa (117,39 kg CO<sub>2</sub>eq. ha<sup>-1</sup>) (Fig. 11). Ambos os sistemas tiveram o óxido nitroso como principal componente do PAGp, correspondendo, respectivamente, a 79% e 68% do total, nas áreas com acácia-negra e pastagem. Esse resultado retrata a contribuição natural dos GEE óxido nitroso e metano em sistemas de produção vegetal oxidados, com predomínio do N<sub>2</sub>O. Porém, de acordo com Peichl et al. (2010), mudanças na contribuição individual dos GEE óxido nitroso e metano no balanço líquido de emissões podem ocorrer em ecossistemas florestais, em razão da ampla variação possível em atributos do solo e características da vegetação.

A semelhança no PAGp do plantio de acácia-negra ao da área de referência (pastagem nativa) é um indicativo de que essa atividade, da forma que vem sendo conduzida, não apresenta risco potencial de impacto negativo ao ambiente em relação ao efeito dos GEE do solo.



**Figura 6** - Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp) (c) do solo em plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Letras acima das colunas representam o teste Tukey, a 5%. NS= estatística não significativa.

#### **5.1.6. Conclusões**

Os fluxos de óxido nitroso do solo em plantio de acácia-negra são intensificados no período de primavera/verão, relativamente ao outono/inverno, estando associados de forma direta ao conteúdo de formas minerais de nitrogênio no solo.

O plantio de acácia-negra com três anos de idade apresenta emissões anuais totais de óxido nitroso e de metano equivalentes a de área de pastagem nativa.

O óxido nitroso é o componente principal do potencial de aquecimento global parcial do plantio de acácia e da pastagem nativa.

## 5.2. EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO E METANO DO SOLO EM PLANTIO DE ACÁCIA-NEGRA DE DEZ ANOS EM COMPARAÇÃO A PASTAGEM NATIVA NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU-RS

### 5.2.1. Resumo

Os solos do Rio Grande do Sul estão passando por modificações nos seus múltiplos usos, com a expansão de plantios com espécies de rápido crescimento. No entanto, há poucas informações sobre os impactos que podem ser causados por essas mudanças principalmente no que implica nos fluxos de GEE do solo como o metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Este estudo teve objetivo de avaliar as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  em plantio de *Acácia mearnsii* De Wild com dez anos de implantação e em área de pastagem nativa da região sul do estado. O experimento foi realizado por um período de um ano. As amostras de ar foram coletadas pelo método de câmaras estáticas manuais e as concentrações dos gases determinados por cromatografia gasosa. Para cada evento de coletas de amostras de ar, também eram avaliados a umidade através do espaço poroso preenchido por água (EPPA) e temperatura do solo, teores de nitrogênio mineral (nitrato e amônio) e estoque de carbono do solo na camada 0-5 cm. Houve sazonalidade no fluxo de  $\text{N}_2\text{O}$ , ocorrendo maiores emissões no verão em função da temperatura, EPPA e deposição da serrapilheira, apresentando maior emissão na acácia-negra ( $13,8 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) em relação ao campo ( $8,0 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ). Na acácia as taxas de emissão de  $\text{CH}_4$  ( $8,1 \mu\text{g CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) foram inferiores ao campo ( $20,2 \mu\text{g CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), possivelmente em decorrência de temperaturas elevadas. No plantio de acácia, proporcionou maiores concentrações de  $\text{NO}_3^-$  no solo, que podem justificar as emissões elevadas neste sistema. Proporcionou ainda os maiores estoques de carbono e nitrogênio no solo, devido maior acúmulo de resíduos vegetais ricos em C e N. Somado a isto, o  $\text{N}_2\text{O}$  apresentou-se como o componente principal para o potencial de aquecimento global parcial em plantio da leguminosa acácia-negra implantada há dez anos e em pastagem nativa.



### 5.2.2. Introdução

As ações decorrentes das atividades econômicas e industriais têm causado alterações na biosfera, resultante no aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera desde a Revolução Industrial (SUN et al., 2013). Esse aumento ocorreu principalmente da atividade antrópica e tem levado ao aquecimento da superfície da terra (LAL et al., 1995). De acordo com o IPCC, 2007, dentre os aspectos de poluição e impacto ao meio ambiente, o balanço de GEE tem recebido destaque, especialmente pelo aumento das concentrações de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) na atmosfera. Dentre os GEE, o  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  merecem destaque pelo seu elevado potencial de aquecimento global, que é de 298 vezes maior que o  $\text{CO}_2$  para o  $\text{N}_2\text{O}$  e 25 vezes maior para o  $\text{CH}_4$  em um horizonte de 100 anos (IPCC, 2007).

Com o crescimento populacional, aumentou a demanda por alimentos oriundos da atividade pecuária como a carne e o leite. A produção de carne é relacionada à destruição dos ecossistemas ambientais, degradação do solo, poluição dos recursos hídricos e emissões de gases de efeito estufa (DE ZEN et al., 2008; BARBOSA et al., 2015).

A atividade agropecuária brasileira sempre foi instituída pela substituição das plantas nativas por extensas áreas de monocultivos e, apesar das dimensões continentais do país, é cada vez maior a pressão ambiental que se tem sobre a abertura de novas fronteiras agrícolas. Com o desenvolvimento agropecuário do Brasil, que remete a um grande desenvolvimento tecnológico e produtivo no agronegócio, ampliando as exportações, a renda dos produtores, a oferta de alimento com melhor qualidade e menor custo aos consumidores (MACEDO, 2009), sendo assim, a sustentabilidade chama a atenção para dois aspectos: o uso do solo com preparo excessivo e monocultivos, e a degradação de pastagens. Sendo assim, tem-se como uma das alternativas para recuperação das áreas degradadas a implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária, pecuária-floresta e lavoura-pecuária-floresta, um sistema diversificado que tem a pretensão de diferenciar a renda da propriedade rural e aumentar sua biodiversidade, sendo uma opção interessante e um caminho a seguir para o desenvolvimento agrícola em face da mudança climática e volatilidade dos preços das commodities (LEMAIRE et al., 2013). No decorrer dos anos, mecanismos e práticas conservacionistas estão sendo

implantadas na tentativa de minimizar esses impactos, como o uso de monocultivos de espécies de rápido crescimento como a acácia-negra no sequestro de carbono.

As florestas são importantes para o equilíbrio do estoque de carbono global, pois armazenam em suas árvores e no solo mais carbono do que o existente atualmente na atmosfera (BONATO e HENKES, 2013). O sequestro de carbono florestal é uma alternativa viável para amenizar o agravamento do processo de elevação da temperatura global, onde os vegetais, utilizando sua capacidade fotossintética, fixam o CO<sub>2</sub> atmosférico, biossintetizando na forma de carboidratos, sendo por fim depositados na parede celular (BARRETO et al., 2009). Miranda et al. (2007) avaliou o montante de carbono atmosférico sequestrado por dois ecossistemas agropecuários distintos (pastagem natural x sistema silvipastoril) e concluíram que no sistema integrado a quantidade total de carbono sequestrada foi de 126 toneladas, enquanto que no sistema de pasto natural esse montante alcançou somente 32 t/ha.

O controle das emissões desses gases não é apenas uma questão ambiental atribuída por atos regulatórios ou pressões sociais, é também uma questão imposta por pressões do mercado que demanda redefinição de estratégias corporativas a médio e longo prazo (CNI, 2010). Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias mais limpas é extremamente necessário. Além do mais, a mudança tecnológica na direção da sustentabilidade ambiental depende de outros fatores não econômicos, como desenvolvimento de capacidades específicas das empresas, infraestrutura e mudanças institucionais. (LUSTOSA, 2011, p. 111).

A tendência mundial é que instituições inovadoras e grandes grupos busquem desenvolver estratégias com foco na proteção de seu valor no mercado por meio da mitigação de riscos associados às Mudanças Climáticas e seus custos, vulnerabilidades e regulamentações (CNI, 2010).

O estudo teve como objetivo avaliar as emissões de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> em plantio de acácia-negra em comparação a área de pastagem nativa (área de referência).

### **5.2.3. Material e Métodos**

#### **5.2.3.1. Descrição da área experimental**

O estudo foi conduzido no período de setembro de 2014 a setembro de 2015, em uma área de produção comercial da empresa Tanagro S.A. (Fazenda Umbu), localizada no município de Canguçu-RS, região agroecológica da Serra do

Sudeste. Na área experimental, foram selecionadas duas áreas adjacentes, uma cultivada com acácia-negra implantada entre outubro e novembro de 2004 e outra de pastagem nativa (Fig. 7), ambas com trânsito de bovinos. As coordenadas geográficas dessas áreas experimentais são as seguintes: acácia-negra 30°56'03,64200"S e 52°15'52,28640"O, com 10% de declividade e 200m de elevação; e pastagem nativa 30°56'17,69640"S e 52°16'49,36080"O, com 7% de declividade e 140m de elevação. A área total da fazenda Umbu é de 298,856 ha, sendo 130,157 ha cultivados com acácia-negra. Na ocasião do plantio, as mudas de acácia receberam adubação básica correspondente a 50 g da formulação 4-12-8 por muda.

O clima da área experimental é do tipo Cfa (subtropical úmido, com temperatura média anual entre 18 e 19°C), segundo a classificação de Koeppen (MORENO, 1961). O solo de ambas as áreas avaliadas é classificado como Cambissolo Háplico Distrófico típico, de textura franco arenosa, relevo ondulado e substrato granito (EMBRAPA, 2006). O uso e ocupação do solo atual das áreas da Fazenda Umbu consistem em plantio de acácia-negra com trânsito de bovinos, com lotação de uma cabeça de gado por hectare e o uso de sistema de rodízio de poteiros, o qual foi realizado semanalmente durante o período de avaliação.



**Figura 7** - Vista aérea da área experimental com a localização das áreas ocupadas com plantio de acácia-negra com dez anos e pastagem nativa. Fonte: Google Earth, adaptado por Vairton Radmann, 2014.

#### **5.2.3.2. Instalação e condução do experimento**

O experimento foi distribuído em talhões de produção comercial, conforme descrito abaixo:

Acácia-negra de primeira rotação, com dez anos de implantação e espaçamento 3 m entre linhas e 1,30 m entre árvores, e;

Pastagem nativa, apresentando leve pastejo.

Na área de plantio de acácia foi demarcada uma parcela de 900 m<sup>2</sup> (30 m x 30 m), na qual foram distribuídos 12 bases de sistemas coletores para avaliação de emissões de gases de efeito estufa. Desses, seis foram instalados nas linhas de plantio de acácia e seis nas entrelinhas das árvores. Utilizou-se um espaçamento médio de 7,5 m entre os coletores. Para área de pastagem, demarcou-se uma parcela de 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m), na qual se distribuíram, também, 12 bases de sistemas coletores de gases de efeito estufa. Durante todo o período de avaliação, ambas as áreas tiveram o trânsito de animais.

#### **5.2.3.3. Coleta e análise de amostras de gases de efeito estufa**

As amostragens e as análises dos gases foram realizadas utilizando procedimentos semelhantes aos descritos para o estudo 1 (Item 5.1.3.3).

#### **5.2.4. Variáveis de Solo e de Clima**

Os atributos do solo como temperatura, umidade gravimétrica, espaço poroso preenchido por água, densidade do solo, teores de nitrato e amônio e estoque de carbono serão determinados com procedimentos semelhantes ao descrito no estudo 1 (item 5.1.4.).

Utilizando-se de dados disponíveis na base do INMET, obtiveram-se os dados de precipitação ao longo de todo o período de avaliação.

##### **5.2.4.1. Análise dos dados**

As análises dos dados serão realizadas semelhantes ao descrito no estudo 1 (item 5.1.4.1).

## 5.2.5. Resultados e discussão

### 5.2.5.1. Atributos do solo e de clima

Ao longo do período de avaliação a precipitação na área experimental totalizou 1560 mm, sendo a distribuição das chuvas apresentada na Fig. 8a. De forma geral, a temperatura média do solo diferiu entre as áreas cultivadas com acácia e pastagem nativa, sendo maiores valores na área de pastagem (Fig. 8e). Possivelmente, as menores temperaturas medidas na área de acácia se devam ao sombreamento do solo proporcionado pelas plantas. Por outro lado no geral, não foi determinado diferença entre a média dos tratamentos para variável espaço poroso preenchido por água (EPPA) (Fig. 8b).

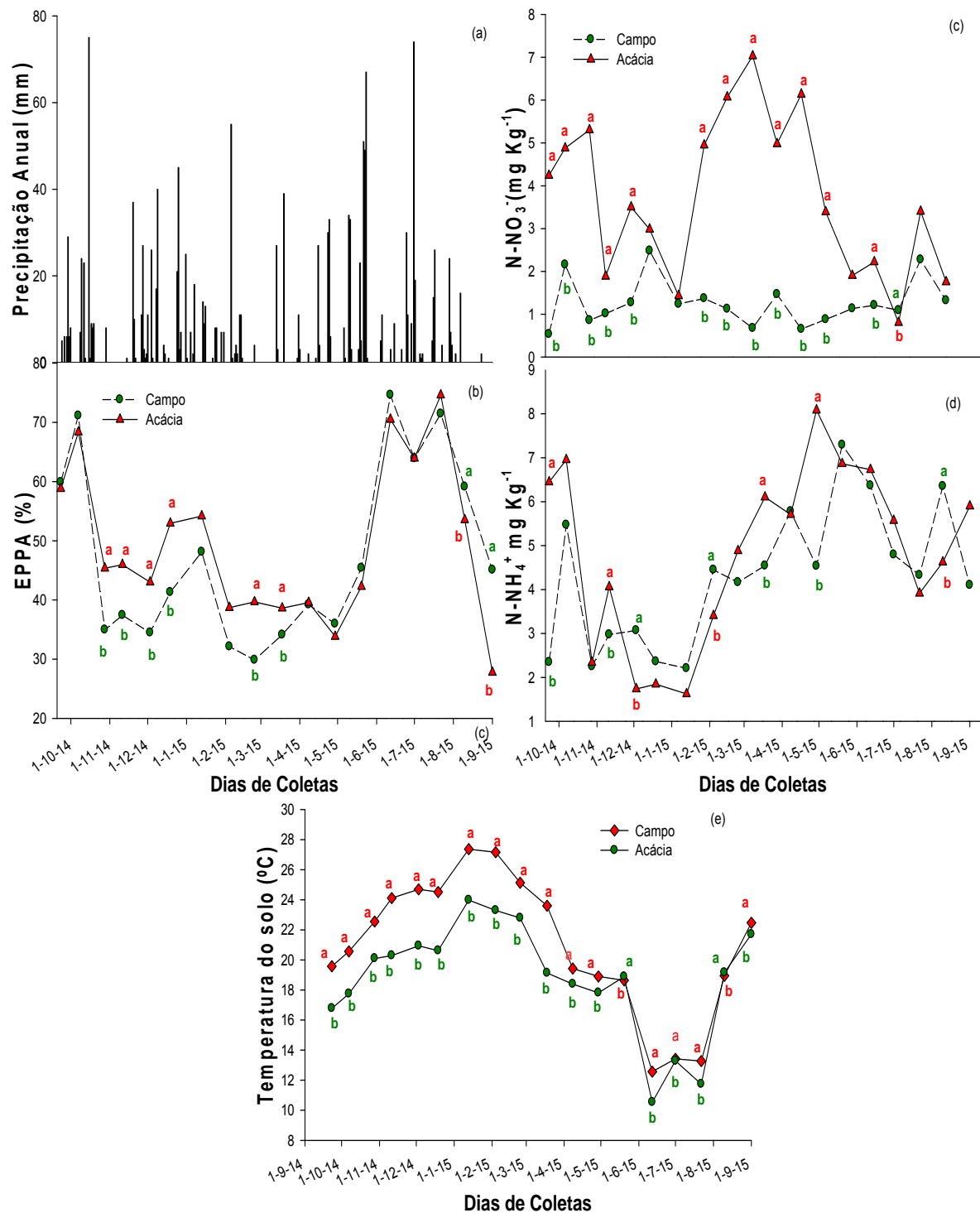
Quanto às formas minerais de nitrogênio, determinou-se diferença entre os tratamentos para a concentração de nitrato no solo, a qual, de forma geral, foi superior na área com acácia relativamente sob a pastagem (Fig. 8c). Possivelmente os maiores teores de nitrato no solo determinados na área cultivada com acácia estejam relacionados ao aporte de N proporcionado pela fixação biológica de  $N_2$ . Em se tratando de uma leguminosa perene, há a deposição de resíduos vegetais ricos em nitrogênio no solo ao longo do período de desenvolvimento da cultura. Partes desses resíduos constituem a serrapilheira, que é uma fonte importante de nitrogênio para o solo, promovendo seu enriquecimento, mediante os processos de mineralização, com liberação de amônio e, na sequência, de nitrificação. O processo de nitrificação, ou seja, a oxidação de amônio a nitrato (DALAL et al., 2003), é realizado por bactérias quimiautotróficas e ocorre em duas etapas: nitritação, em que o  $NH_4^+$  é oxidado a nitrito ( $NO_2^-$ ) por ação de bactérias dos gêneros *Nitrossomonas*, *Nitrosospirae* *Nitrococcus* (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Enquanto que *Nitrobacter* é o principal gênero de bactérias que oxidam nitrito a nitrato ( $NO_3^-$ ) (HARRISON; WEBB, 2001; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A despeito da distinção entre os tratamentos, os teores de nitrato no solo medidos foram baixos em ambas as áreas, com valor médio de  $3,7 \text{ mg kg}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$ , no plantio de acácia e de  $1,3 \text{ mg kg}^{-1} \text{ N-NO}_3^-$  na pastagem.

Não se determinou diferença significativa entre os tratamentos para as concentrações de  $NH_4^+$  no solo ao longo de todo o período de coleta; a média anual dos tratamentos foi de  $4,5 \text{ mg kg}^{-1}$  (Fig. 8d). Santiago et al. (2013) relatam que, independentemente do tipo de vegetação e da época de coleta, o N amoniacal predomina sobre o N nítrico no solo. O predomínio de  $NH_4^+$  sobre  $NO_3^-$  no solo pode

resultar de muitos fatores, como a lixiviação de nitrato no perfil do solo (EDWARDS et al., 1972; CHIKOWO et al., 2004; CRUSCIOL et al. 2011; SANTIAGO et al., 2013) e sua absorção preferencial pelas plantas.

Com relação à variável densidade do solo, também não se determinou diferença entre os tratamentos na camada superficial do solo (0-5 cm) (Tabela 2). Por outro lado, o estoque de carbono do solo (ECS) na mesma camada de solo foi distinto entre a área de acácia ( $18,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e a pastagem ( $16,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Tabela 2). Atribui-se tal resultado ao elevado acúmulo de resíduos vegetais na área de acácia-negra, espécie que aporta considerável quantidade de resíduos vegetais ao solo, condição essa que combinada à entrada de nitrogênio via fixação biológica, aumenta consideravelmente a quantidade de carbono orgânico no solo (SIMÕES et al., 2010). Esse resultado difere de observações de Kelling et al. (2014), que determinaram diferenças no estoque de carbono no solo entre plantio de acácia de cinco anos e campo nativo apenas em camadas de solo mais profundas ( $> 40 \text{ cm}$ ).



**Figura 8** - Precipitação (mm) (a), espaço poroso preenchido por água (EPPA) (b), teores de  $\text{NO}_3^-$  (c) e  $\text{NH}_4^+$  (d) e temperatura do solo (e) em plantio de acácia e pastagem na camada de 0-5 cm. Canguçu, RS, 2014 a 2015. Letras “a” e “b” indicam diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 2** - Estoque de carbono do solo (ECS) e densidade do solo (DS) na área de acácia-negra e de pastagem na camada de 0-5 cm.

Tratamentos	ECS	DP	CV	DS	DP	CV
	Mg ha <sup>-1</sup>		(%)	(g/cm <sup>3</sup> )		(%)
Campo	16,7b	1,21	7,2	1,48a	0,08	5,5
Acácia	18,5a	1,46	7,9	1,55a	0,09	6,1

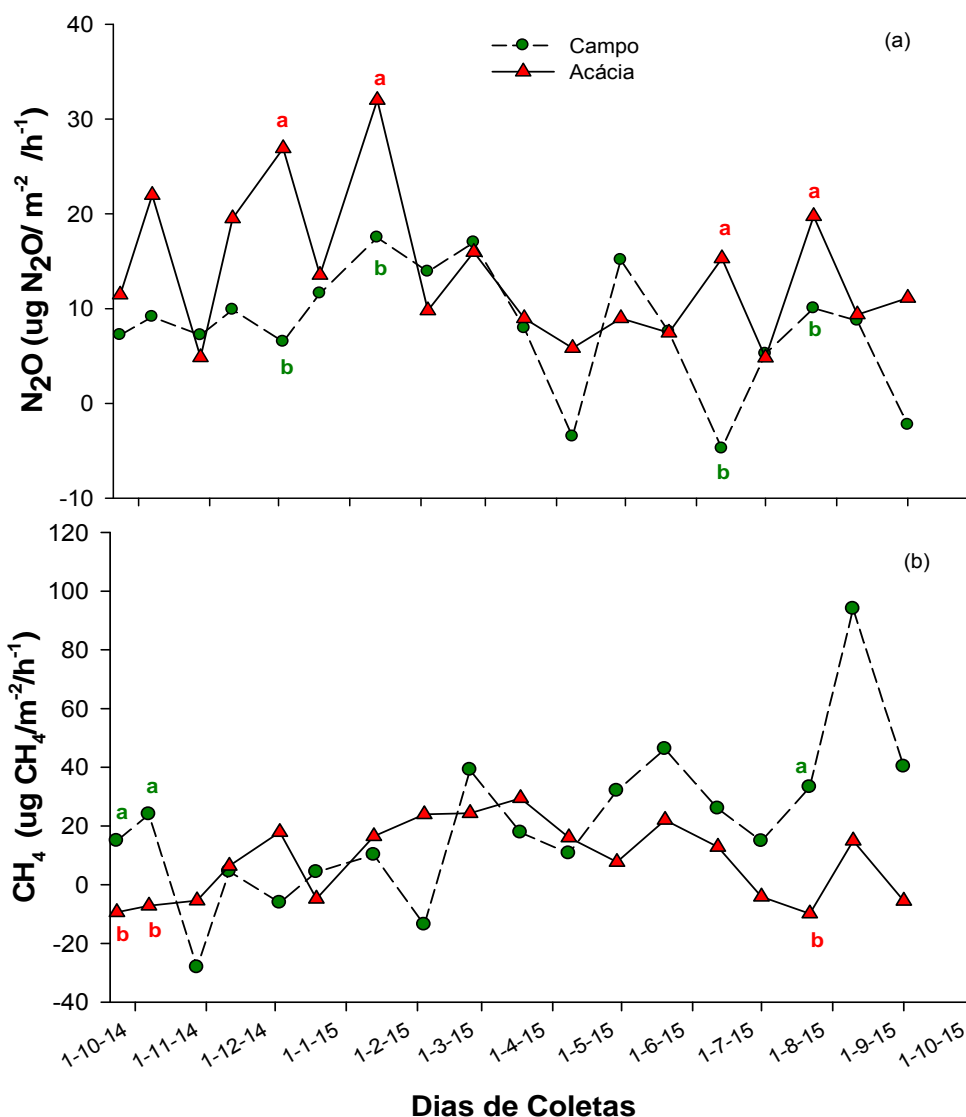
Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. DP= Desvio Padrão; CV= Coeficiente de variação; ECS= estoque de carbono do solo e DS=densidade do solo.

#### 5.2.5.2. Fluxo de N<sub>2</sub>O

Em ambas as áreas, os fluxos de N<sub>2</sub>O do solo mantiveram-se relativamente baixos durante todo o período de avaliação, variando de 4,8 a 32,0 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> de N<sub>2</sub>O, na área de acácia-negra, e de -4,8 a 17,0 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> de N<sub>2</sub>O na pastagem nativa. Na maioria das coletas, os fluxos de N<sub>2</sub>O da pastagem foram inferiores a 10 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> (média 8,0 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> de N<sub>2</sub>O), registrando-se, inclusive, influxo desse GEE em algumas ocasiões. As baixas emissões ocorridas na pastagem podem ser consequências dos baixos teores de nitrato no solo (Fig. 8c). De acordo com Carmo et al. (2005), a disponibilidade de nitrato é um fator determinante das perdas de N na forma de óxido nitroso, assim como a temperatura, o pH e a concentração de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> do solo (JANTALIA et al., 2006). Outros fatores que podem ter minimizado as emissões de N<sub>2</sub>O do campo pastejado são a de fertilização nitrogenada e a não movimentação do solo por um período prolongado, mantendo estável o conteúdo da matéria orgânica e a atividade microbiana, bem como o balanço entre a produção e o consumo de N<sub>2</sub>O (BAGGS; PHILLIPOT, 2010).

Segundo Olofsson e Oksanen (2002) e Adami (2009), em campos pastejados, a ciclagem e a disponibilidade de nitrogênio no solo pode ser baixa devido à seletividade e preferência dos animais por plantas com maior conteúdo de N, consumindo primeiro, com consequente aumento/dominância de espécies com menor teor do nutriente, as quais apresentam decomposição mais lenta. Ademais, a menor disponibilidade de N no solo favorece a ocorrência de espécies com baixo teor de N, que competem de forma mais eficiente pelo nutriente. Em consequência, os animais reduzem a produção primária e a taxa de ciclagem de N.





**Figura 9-** Emissões de N<sub>2</sub>O (a) e de CH<sub>4</sub> (b) do solo em plantio de acácia e pastagem. Canguçu-RS, 2014 a 2015. Letras “a” e “b” indicam diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5%.

Das 18 épocas de coleta, em apenas quatro determinaram-se diferença nos fluxos de N<sub>2</sub>O das áreas de acácia e de pastagem. No período compreendido entre meados do mês de janeiro a meados de junho não houve distinção nos fluxos das duas áreas. As variações entre os tratamentos ocorreram nas duas avaliações anteriores e posteriores ao referido período, quando a magnitude das emissões da área com acácia foi superior a de pastagem (Fig. 9a).

No plantio de acácia-negra, o período de maior emissão de N<sub>2</sub>O ocorreu no verão, quando foram observados os dois maiores picos de emissão (22,0 a 32,0  $\mu\text{g m}^{-2}\text{de N}_2\text{O}$ ) (Fig. 9a), podendo estar coincidindo com o período

demaior deposição de resíduos da acácia no solo. Vários autores (VITAL et al., 2004; GOLLEY, 1975; VIERA; SCHUMACHER, 2010) relataram que a decomposição de resíduos vegetais, particularmente a serrapilheira, constitui-se na principal fonte de nutrientes da vegetação para o solo em sistemas florestais.

SCHUMACHER et al. (2003), ao avaliarem a deposição de serapilheira em plantio de acácia com três anos, verificaram sazonalidade no acúmulo, que é maior no verão e menor no inverno. A deposição mais intensa ocorre simultaneamente ao período de maior atividade fisiológica das plantas (primavera/verão), quando há intensa renovação da folhagem, sendo que a folhagem nova é fotossinteticamente mais ativa. Em razão da baixa relação C:N dos resíduos de acácia (AMADO, 1997), sua decomposição e mineralização são rápidas, liberando formas minerais de N no solo, as quais estão sujeitas a perdas de  $N_2O$ , como produto intermediário dos processos de nitrificação e desnitrificação (ROCHETTE e JANZEN, 2005; PERGHER, 2014).

Segundo Escobar (2011), a adição de resíduos de leguminosas ao solo, pode estimular a atividade microbiana e, desse modo, aumentar as emissões de  $N_2O$ , pelo aporte de grande quantidade de N presente em seus resíduos, proveniente da fixação biológica. A rápida mineralização dos resíduos libera formas minerais de nitrogênio ( $NH_4^+$  e  $NO_3^-$ ) no solo.

Também a elevada precipitação durante a primavera (Fig. 9a) deve ter contribuído para as maiores taxas de emissão de  $N_2O$  nesse período, associadas a microsítios anaeróbicos no solo (DAVIDSON et al., 2000; GOMES et al., 2009; KONDA et al., 2010; MERINO et al., 2004; TANG et al., 2006).

Dois outros picos de emissão de  $N_2O$ , de magnitude intermediária, ocorreram no início do inverno, especificamente nos meses de junho e julho de 2015, superando as emissões medidas na área de pastagem nativa. Atribui-se esse resultado ao excesso de umidade no solo (Fig. 8b), decorrente de eventos de chuva intensa ocorridos nos dias anteriores às coletas (Fig. 8a), favorecendo a alternância dos processos de nitrificação/desnitrificação, com produção de óxido nitroso. Possivelmente, a elevada precipitação no período que antecedeu tais coletas tenha promovido também a lixiviação de nitrato do solo para camadas inferiores à amostrada neste estudo (0-5 cm), visto que apesar das emissões de  $N_2O$  relativamente elevadas, os teores de  $NO_3^-$  do solo não foram elevados nessas ocasiões.

Os fluxos de emissão de  $N_2O$  de baixa magnitude na área de acácia-negra ocorreram entre os meses de fevereiro e maio, período em que a precipitação pluvial (Fig. 8a) e, conseqüentemente, o conteúdo de umidade do solo (Fig. 8b) foram menores. Assim, além do conteúdo de nitrogênio no solo, os fluxos de  $N_2O$  foram influenciados pela variação na umidade do solo.

Ugalde et al. (2007) verificaram que apenas parte do nitrogênio liberado nos processos de decomposição e mineralização da serrapilheira e de outros resíduos vegetais presentes em povoamentos florestais é perdida do sistema como  $N_2O$ , como produto intermediário dos processos de nitrificação e desnitrificação, pois o restante do N mineralizado é absorvido pelas plantas, fato que explica as baixas emissões desse GEE em algumas épocas do ano.

#### **5.2.5.3. Fluxo de $CH_4$**

Com relação ao  $CH_4$ , os fluxos desse GEE foram bastante baixos ao longo de todo o ano, havendo inclusive eventos esporádicos de oxidação. A amplitude das emissões de  $CH_4$  variou de  $-28,2$  a  $93,9 \mu g m^{-2} h^{-1}$  de  $CH_4$ , na pastagem nativa, e de  $-9,8$  a  $29,5 \mu g m^{-2} h^{-1}$  de  $CH_4$ , no plantio de acácia-negra (Fig. 9b).

Dentre as 18 épocas de coleta, somente em três determinou-se diferença nas emissões de metano entre as áreas de acácia-negra e pastagem. Nas três ocasiões, as maiores emissões ocorreram na área de pastagem (Fig. 9b). Esse comportamento deve estar relacionado à interação dos fatores conteúdo de água e temperatura do solo (Fig. 8b e 8e), bem como à presença e pisoteio de animais, que é mais intenso na área de pastagem, aumentando a compactação e reduzindo a aeração do solo.

O atributo do solo com maior efeito sobre as emissões de  $CH_4$  no solo é o conteúdo de umidade, visto que sua produção ocorre apenas em ambientes reduzidos, pela ação de bactérias metanogênicas (MOJEREMANE, 2013). Contrariamente, a oxidação ou consumo de  $CH_4$  ocorre em ambientes oxidados por intermediário por bactérias metanotróficas (TOPP & PATTEY, 1997). Cardoso et al. (2001) observaram sazonalidade na oxidação de  $CH_4$ , com redução no processo durante o período chuvoso. Esse comportamento explica o fato de ter-se verificado oxidação de metano nas épocas em que se determinaram menores EPPA no solo (Fig. 8b), condição em que maior proporção da porosidade do solo era preenchida

por ar, permitindo maior difusão de  $\text{CH}_4$  para o metabolismo de bactérias metanotróficas (BALL et al., 1997; SMITH et al., 2000; SMITH et al., 2003).

Também a variação da temperatura interfere na dinâmica de emissão do metano do solo. Estudos indicam que o aumento na temperatura do solo, associado à precipitações elevadas (Fig. 8a), favorece a emissão do  $\text{CH}_4$  devido ao aumento da atividade microbiana no solo (DUNFIELD e KNOWLES, 1995; DALAL et al., 2008; KONDA et al., 2010).

Para os fluxos de  $\text{CH}_4$  no plantio de acácia-negra, a média anual foi de  $8,1 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$  de  $\text{CH}_4$ , valor inferior ao comparado a área de pastagem ( $20 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$  de  $\text{CH}_4$ ). Em solos florestais, os baixos fluxos de metano podem estar relacionados aos elevados teores de matéria orgânica do solo, à melhoria da estrutura do solo e ao aumento de conectividade dos macroporos, possibilitando a difusão de oxigênio e  $\text{CH}_4$  para camadas mais profundas com consequente consumo do  $\text{CH}_4$  (TATE et al., 2007).

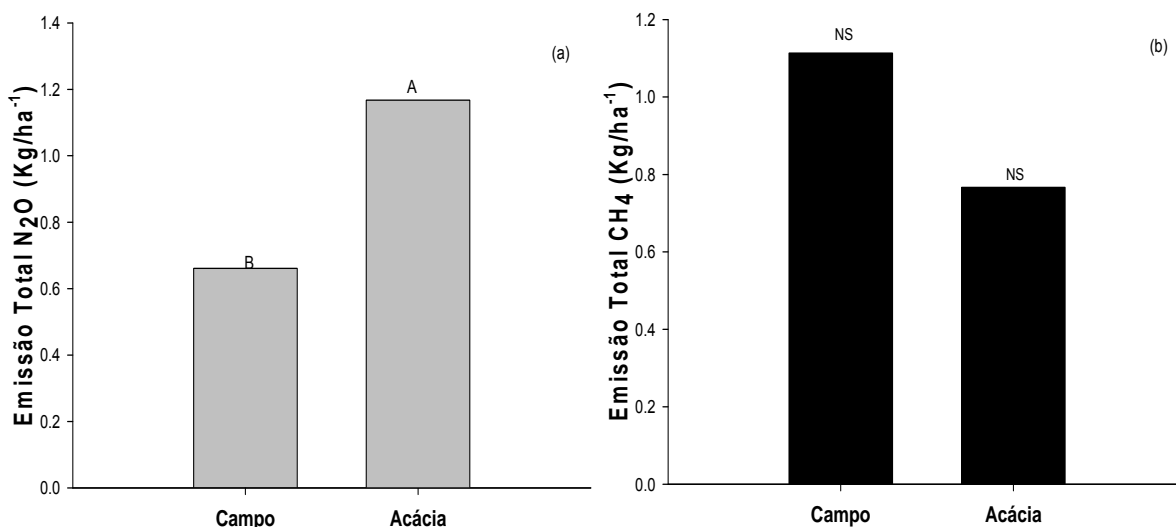
#### **5.2.5.4. Emissão total de $\text{N}_2\text{O}$ e $\text{CH}_4$**

A emissão anual total de  $\text{N}_2\text{O}$  do plantio de acácia-negra ( $1,16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{N}_2\text{O}$ ) foi superior àquela determinada na área de pastagem nativa ( $0,66 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{N}_2\text{O}$ ) (Fig. 10a), refletindo os fluxos de maior magnitude da área com acácia, comparativamente a pastagem durante a maior parte do período de avaliação. Associam-se as maiores emissões de óxido nitroso do sistema com acácia-negra ao maior conteúdo de nitrogênio no solo relativamente a pastagem, refletindo-se em maiores teores de formas minerais de N, particularmente de nitrato. De acordo com Saminêz (1999); Gomes et al. (2009) e Chavez (2011), o cultivo de leguminosas fixadoras de  $\text{N}_2$  aumenta os teores de nitrogênio no solo e as emissões de  $\text{NO}$  e  $\text{N}_2\text{O}$ .

Os teores mais elevados de formas minerais de nitrogênio no solo no sistema com acácia-negra podem ter intensificados os processos biológicos de nitrificação e desnitrificação (BARTON et al., 2008). Assim, a produção de  $\text{N}_2\text{O}$  é favorecida pelo aumento na disponibilidade de formas minerais de N, seja por meio da adição de fertilizantes sintéticos ou adubos orgânicos, ou ainda, pela deposição de resíduos agrícolas e excretas de animais. O balanço entre a produção e o consumo de  $\text{N}_2\text{O}$  no solo depende, ainda, de mecanismos físicos, que variam com a temperatura e umidade (RAFIQUE et al., 2011).

A emissão total de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo determinada neste estudo para o plantio de acácia-negra de dez anos de idade foi quase cinco vezes maior que a encontrada por Godoi (2012) em área de silvicultura com acácia de seis anos ( $0,24 \text{ kg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). Quanto à distinção nos resultados dos dois estudos, há que se considerar que, apesar de ambos terem sido desenvolvidos em mesmo tipo de solo Cambissolo Háplico, os sistemas apresentam idades distintas; além disso, a área acompanhada por Godoi (2012) contempla apenas o cultivo de acácia-negra, não havendo o trânsito de bovino na área de plantio de acácia. Vale acrescentar que outros fatores associados ao ambiente (solo e clima) dos dois estudos também devem ter contribuído para as diferenças encontradas, visto que também as áreas de referência dos estudos apresentaram emissões de óxido nitroso distinto, ou seja, as emissões anuais de  $\text{N}_2\text{O}$  no campo natural determinadas por Godoi (2012) ( $0,32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) corresponderam a menos da metade das determinadas na pastagem ( $0,66 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{N}_2\text{O}$ ).

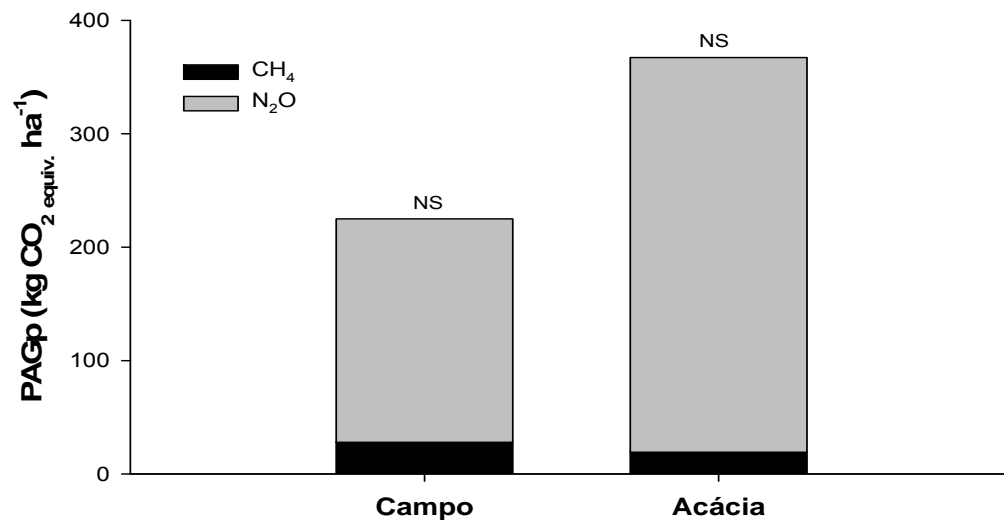
Quanto às emissões totais de  $\text{CH}_4$ , não se determinou diferença entre os valores encontrados na área de pastagem ( $1,11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{CH}_4$ ) e no plantio de acácia-negra ( $0,77 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de  $\text{CH}_4$ ) (Fig. 10b). Contudo, ao longo do período de avaliação, observou-se em várias ocasiões maior umidade no solo da área de campo, próxima da saturação, condição que favorece a produção e emissão de metano. Relaciona-se o maior conteúdo de água no solo na pastagem à maior compactação e, conseqüente, redução na infiltração de água do solo, proporcionada pelo pisoteio animal, facilitando a condição de anaerobiose necessária à geração do  $\text{CH}_4$  (REIS et al., 2012; TONATO et al., 2015).



**Figura 10** - Emissão acumulada de  $N_2O$  (a) e  $CH_4$  (b) do solo no plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Canguçu-RS, 2014 a 2015. Letras "A" e "B" indicam diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5%; NS: não significativa.

#### 5.2.5.5. Potencial de Aquecimento Global Parcial (PAGp)

O potencial de aquecimento global parcial (PAGp) das áreas de pastagem nativa e plantio de acácia-negra foi de 224,96 e 367,14  $kg\ CO_{2equiv.}\ ha^{-1}$ , respectivamente (Fig. 11). Em ambas as áreas, a contribuição do metano para o PAGp foi pequena, relativamente ao  $N_2O$ , correspondendo a 12% do total, na pastagem e 5% no plantio de acácia-negra. Esses resultados confirmam observações de Godoi (2012), que também verificaram que o  $N_2O$  contribui mais que o  $CH_4$  para o potencial de aquecimento global de sistema florestal de acácia, bem como da área de pastagem utilizada como referência. Em sistemas aeróbios, sejam agrícolas ou florestais, o óxido nitroso normalmente é o principal gás de efeito estufa componente do PAGp; contrariamente a relevância do metano para o PAGp de sistemas de produção vegetal ocorre em sistemas anaeróbios, particularmente no cultivo de arroz irrigado.



**Figura 11** - Potencial de Aquecimento Global parcial em plantio de acácia-negra e pastagem nativa. Canguçu-RS, 2014 a 2015. Letras acima das colunas representam teste de Tukey a 5%; NS: não significativa.

#### **5.2.6. Conclusões**

O plantio de acácia-negra com dez anos de idade apresenta maior emissão anual de óxido nitroso que a área de pastagem nativa. As emissões de  $N_2O$  desse sistema são mais intensas no período de primavera até o início de verão.

O sistema com acácia-negra apresenta emissão anual de metano semelhante à área de pastagem nativa.

O óxido nitroso contribuiu mais que o metano para o potencial de aquecimento global parcial no plantio de com acácia-negra e da área de pastagem nativa no bioma pampa.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos estudos têm mostrado que a atividade agropecuária contribuiu significativamente para as emissões de gases de efeito estufa de origem antrópica. Apesar disso, o setor agropecuário constitui-se também em importante fonte de estratégias/alternativas para mitigar as emissões de GEE e redução do impacto ambiental negativo da atividade humana ao meio ambiente. Nesse sentido, a contribuição da pesquisa é relevante, tendo em vista que o estudo foi realizado em uma área pequena, necessitando mais locais.

O presente estudo foi realizado visando gerar informações sobre o potencial de emissões de gases de efeito estufa em plantação de acácia-negra, que apresenta grande relevância no bioma Pampa e, de maneira global, para o estado do Rio Grande do Sul.

Os resultados obtidos revelaram que o plantio de acácia-negra, apresenta potencial de emissão de metano semelhante ao de área de pastagem nativa. Com relação ao óxido nitroso, o uso da leguminosa acácia-negra, por incorporar quantidades significativas de resíduos vegetais ricos em nitrogênio ao solo, pode apresentar potencial de emissão mais elevado que a pastagem. Esse efeito foi estabelecido em um sistema mais antigo (dez anos), idade superior à recomendada para a exploração comercial de povoamentos de acácia-negra. Ainda assim, o aumento nas emissões de  $N_2O$  associadas ao plantio de acácia-negra, relativamente à pastagem nativa, pode ser amortizado considerando-se o aporte de carbono e nitrogênio, particularmente, bem como outros benefícios à qualidade do solo e ao ecossistema.

Novos estudos devem ser empreendidos visando melhor conhecer a dinâmica de gases de efeito estufa e o balanço de carbono e nitrogênio nos plantios de acácia-negra no bioma Pampa. À medida que se avançar no conhecimento, será possível definir manejos do solo, do povoamento florestal e da atividade pecuária associada com potencial mitigador de emissões, bem como balanço positivo de C e N no agroecossistema.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico** da ABRAF: ano base 2005. Brasília, 2006. 80p.

ABRAF. **Anuário estatístico** da ABRAF 2011 ano base 2010. Brasília: 2011. 130 p.

ABRAF. **Anuário estatístico** da ABRAF 2013. Ano base 2012. Brasília, 2013. 148 p.

ADAMI, Paulo Fernando. **Produção, qualidade e decomposição de papuã sob intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio**. Pato Branco-PR, 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná Pato Branco, 2009.

AHLSCHWEDE, C. M., Microbial Ecology, Nitrogen, and Nitrous Oxide Trends in Marginal Soils Used for Cellulosic Biofuel Production in Eastern Nebraska. Dissertations & Theses in Natural Resources. Paper 74, 2013.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: YAMADA, T.; STIPP E ABDALLA, S.R.; VITTI, G.C. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute (INPI), 2007. cap. 1, p. 1-41.

ALMEIDA, R. F.; NAVES, E. R.; SILVEIRA, C. H. WENDLING, B. Emissão de óxido nitroso em solos com diferentes usos e manejos: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá –PR, v. 8 n. 2 p.441-461, 2015. Disponível <http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/3426>. Acesso em 20 de outubro de 2016.

ALMEIDA, R. G. de; MACEDO, M. C. M.; ALVES, F. V. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com ênfase na produção de carne. II Congresso Colombiano e 1º Seminário Internacional Silvopastoril. **Anais...** Medelim. 2012

ÁLVAREZ, Lucía Salvo. **Fluxos de gases de efeito estufa em solo do Uruguai afetado por sistemas de manejo**. Porto Alegre, 2014. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

AMADO, Telmo Jorge Carneiro. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo**. 1997. 201 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ANDRADE, M. F. Comprometimento da qualidade do ar associado às fontes locais na megacidade de São Paulo-SP, Brasil. **Interfacehs: Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v. 2, n. 5, Dez. 2007.

ARAÚJO FILHO, J.A., 2013. Manejo pastoril sustentável da caatinga. Projeto Dom Helder Câmara. Recife, 2013.

ATTIAS, N. SIQUEIRA, M. F. & BERGALLO, H. de G. Acácias Australianas no Brasil: Histórico, formas de uso e potencial de invasão. ICMBio - **Revista Científica Biodiversidade Brasileira**, 2013.

AUER, C. G.; SILVA, R. Fixação de nitrogênio em espécies arbóreas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.157-172, 1992.

AULAKH, M. S.; KHERA, T. S.; DORAN, J. W.; BRONSON, K. F. Denitrification, N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> fluxes in rice-wheat cropping system as affected by crop residues, fertilizer N and legume green manure. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 34, p. 375-389, 2001.

BAGGS, E.M., BLUM, H. CH<sub>4</sub> oxidation and emissions of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from Lolium perene swards under elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. **Soil Biology and Biochemistry** 36, 713–723.2004.

BAGGS, E. M.; PHILIPPOT, L. Microbial Terrestrial Pathways to Nitrous Oxide. In: SMITH, K. (ed). Nitrous Oxide and Climate Change. **Earthscan**, London, p. 4-36, 2010.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2 ed. Bookman. Porto Alegre – RS, 2002.

BALL, B.C.; SMITH, K.A.; KLEMEDTSSON, L.; BRUMME, R.; SITAULA, B.K.; HANSEN, S.; PRIEME, A.; MACDONALD, J. & HORGAN, G.W. The influence of soil gas transport properties on methane oxidation in a selection of northern European soils. **Journal of Geophysical Research**, 102:23309–23317, 1997.

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial. Desenvolvimento e Mudança Climática**. Washington, 2010.

BARBOSA, F. A.; COSTA, P. M. COSTA; ANDRADE, V. J. de.; FILHO, G. H. B. M.; MACIEL, I. C. de F.; LOPES, S. Q. Avaliação econômica e produtiva dos sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta. **Caderno de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Minas Gerais- campus montes claros**. v. 7, n. 1, sup. 1., 2015.

BARICHELO, L. R., SCHUMACHER, M. V. & VOGEL, H. L. M. Quantificação da biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. na região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 129-135, 2005.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. Sequestro de Carbono - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Curso de Especialização em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Centro Científico Conhecer, Goiânia, **Enciclopédia Biosfera**. n.07, 2009.

BARTON, L. et al. Nitrous oxide emissions from a cropped soil in a semi-arid climate. **Global Change Biology**, Oxford, v. 14, p. 177-192, 2008.

BATEMAN, E. J.; BAGGS, E. M. Contributions of nitrification and denitrification to N<sub>2</sub>O emissions from soils at different water-filled pore space. **Biology and Fertility of soils**, New York, v. 41, n. 6, p. 379-388, 2005.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: **Nutrição e Fertilização Florestal**, Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005, 427p.

BERNDT, A. Estratégias nutricionais para redução de metano. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL 4., 2010, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro: CLANA: CBNA: AMENA, 2010. p. 295-306.

BERTALOT, M. J. A. et al. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu – São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 219-227, jan./jun. 2004.

BERTORA, C.; ALLUVIONE, F.; ZAVATTARO, L.; VAM GROENIGEN, J. W.; VELTHOF, G.; GRINANI, C. Pig slurry treatment modifies slurry composition, N<sub>2</sub>O, and CO<sub>2</sub> emissions after soil incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 40, n. 8, p. 1999-2006, 2008.

BODDEY, R. M.; XAVIER, D.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S... Brazilian Agriculture: The Transition to Sustainability. **Journal of Crop Production**, New York, USA, v. 9, n. 1/2, p. 593-621, 2003.

BODELIER, P.L.E. & LAANBROEK, H.J. Nitrogen as a regulatory factor of methane oxidation in soils and Sediments. **FEMS Microbiology Ecology**, 47:265-277, 2004.

BOECKX, P.; VAN CLEEMPUT, O; VILLARALVO, I. Methane oxidation in soils with different textures and land use. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Heidelberg, v. 49, n. 1-3, p. 91-95, 1997.

BONATO, J. A.; HENKES, J. A. O sequestro de carbono (co<sub>2</sub>) proporcionado pelo sistema silvipastoril, com ênfase no aumento da renda familiar, com integração das atividades de lavouras e pecuária e a produção da madeira, carne e leite. **Revista Gest. Sust. Ambiental**, Florianópolis, SC. v.2, n.1, p. 222-249. Florianópolis, 2013.

BRAGA, G. J. **Sequestro de Carbono em Pastagens Cultivadas**. Publicação Online. Disponível em: [www.aptaregional.sp.gov.br](http://www.aptaregional.sp.gov.br). Acessado em 2 de maio de 2015.

BRASIL. Second National Communication of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change. **Ministry of Science and Technology**, Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**. Brasília, DF, 2011. 75 p. Versão preliminar.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa**: informações gerais e valores preliminares. Brasília, 2009. Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/geesp/docs/brasil/6.pdf>. Acesso em 12 de agosto de 2015.

BRASIL. **Ministério da Integração Nacional**. Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro. Brasília, DF, 2005. 32 p.

BRASIL. Observatório do Plano ABC. Avaliação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) considerando as projeções da produção agrícola brasileira do MAPA e da FIESP até o ano de 2023, **Relatório Preliminar**, 2014.

BRASSEUR, G. P.; ORLANDO, J. J.; TYNDALL, G. S. **Atmospheric Chemistry and global change**. New York, Oxford University Press, 1999.

BRAZ, S. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 787-794, 2003.

BREMNER, J. M. Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis: chemical and microbiological properties*. Madison: **American Society of Agronomy**, 1965. Pt. 2, p. 1179-1237.

BROWN, A.G. & KO, H.C. Black Wattle and its Utilisation. **Rural Industries Research and Development Corporation**. 180 p, 1997.

BRUISMA, J. (Ed). **World agriculture: toward 2015/30**. An FAO Perspective. London: Earthscan, Rome: FAO, 2003. 444p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/005/Y4252E/y4252e06.htm>. Acesso em: 2 de novembro de 2014.

BUSTAMANTE, M.M.C., NOBRE, C.A., SMERALDI, R., AGUIAR, A.P.D., BARIONI, L.G., FERREIRA, L.G., LONGO, K., MAY, P., PINTO, A.S., OMETTO, J.P.H.B., 2012. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climatic Change**.

CALDEIRA, M. V. W., SCHUMACHER, M. V., BARICHELLO, L. R., SANTOS, E. M. CARDOSO, A. N.; SAMINEZ, T. C.; VARGAS, M. A. Fluxo de Gases-traço de Efeito Estufa na Interface Solo/Atmosfera em Solos de Cerrado. **Bol. Pesq. Desenv.** Embrapa Cerrados, Planaltina, n. 17, p. 1-23. 2001.

CARDOSO, Abmael da Silva. **Avaliação das emissões de gases de efeito estufa em diferentes cenários de intensificação de uso das pastagens no Brasil Central. Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo**. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. 2012.

CARMO, J.B.; ANDRADE, C.A.; CERRI, C.C.; PICCOLO, M.C. Disponibilidade de nitrogênio e fluxos de N<sub>2</sub>O a partir de solo sob pastagem após aplicação de herbicida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 735-746, 2005.

CARPANEZZI, Antônio Aparecido. **Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) na região metropolitana de Curitiba-PR**. 1997. 177 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 1, p. 83-99. 2007.

CERRI, C.; CERRI, C. E. **Agricultura e aquecimento global**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, v. 32, n. 1, p. 40-44, 2007.

CERRI, C.C.; MAIA, S.M.F.; GALDOS, M. V.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; BERNOUX, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 831-843, 2009.

CHARÃO, L.S. 2005. Polinização em *Acacia mearnsii* De Wild. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, 3: 92-109.

CHAVEZ, Luis Fernando. **Balanço da emissão de gases de efeito estufa em Argissolo Vermelho sob sistemas de cultura em plantio direto**. 2011. 120f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2011.

CHIKOWO, R.; MAPFUMO, P.; NYAMUGAFATA, P.; GILLER, K.E. Mineral N dynamics, leaching and nitrous oxide losses under maize following two-year improved fallows on a sandy loam soil in Zimbabwe. **Plant and Soil**, 259: 315-330. 2004.

COLE, C.V; DUXBURY, J.; FRENEY, J.; HEINEMEYER, O.; MINAMI, K.; MOSIER, A.; PAUSTIAN, K.; ROSENBERG, N.; SAMPSON, N.; SAUERBECK, D.; ZHAO, Q. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 49, p. 221-228, 1997.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Manual de capacitação: mudança climática e projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo**. Brasília: CNI, 2010.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. et al. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2ª ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 645 p.

COUTINHO, R. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; TORRES, A. Q. A.; JANTALIA, C. P. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N<sub>2</sub>O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. **Pesquisa agropecuária brasileira**. 2010, vol.45, n.2, pp. 195-203, Brasília, Fev 2010.

CRUSCIOL, C.A.C.; GARCIA, R.A.; CASTRO, G.S.A.; ROSOLEM, C.A. Nitrate role in basic cation leaching under no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: 1975-1984. 2011.

DALAL, R.C.; WANG, W.; ROBERTSON, G.P.; PARTON, W.J. Nitrous oxide emission from Australian agricultural lands and mitigation options: a review. **Australian Journal of Soil Research**, v. 41, p. 165-195, 2003.

DALAL, R.C. & ALLEN, D.E. Greenhouse gas fluxes from natural ecosystems. **Aust. J. Bot.**, 56, 369-407, 2008.

DAVIDSON, E.A. & JANSSENS, I.A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. **Nature**, 440:165-173, 2006.

DAVIDSON, E.A.; KELLER, M.; ERICKSON, H.E.; VERCHOT, L.V. & VELDKAMP, E. Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides. **Bioscience**, 50:667- 680, 2000.

DE KLEIN, C. A. M.; BARTON, L.; SHERLOCK, R. R.; LI, Z.; LITTLEJOHN, R. P. Estimating a nitrous oxide emission factor for animal urine from some New Zealand pastoral soil. **Australian Journal of Soil Research**. 41:381-399, 2003.

DE ZEN, S.; MENEZES, S.M.; CARVALHO, T.B. Perspectivas de consumo de carne bovina no Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2008, Piracicaba. **Anais...** Acre: SOBER, 2008.

DUNFIELD, P.; KNOWLES, R.; DUMONT, R. & MOORE, T.R. Methane production and consumption in temperate and subarctic peat soils - response to temperature and pH. **Soil Biol. Biochem.**, 25:321-326, 1993.

DUNFIELD, P.; R. KNOWLES. Kinetics of inhibition of methane oxidation by nitrate, nitrite, and ammonium in a humisol. **Appl. Environ. Microbiol.** **61**, 3129-3135, 1995.

DUXBURY, J. M.; HARPER, L. A.; MOSIER, A. R. Contributions of agroecosystems to global climate change. In: HARPER, L.A; MOSIER, A. R.; DUXBURY, J. M. (Eds.). Agricultural ecosystem effects on trace gases and global climate change. Wisconsin: **American Society of Agronomy**, 1993. p. 1- 18.(ASA Special Publication, 55).

EDWARDS, D.M.; FISCHBACH, P.E.; YOUNG, L.L. Movement of nitrates under irrigated agriculture. **Transactions of the ASABE**, 15: 73-75, 1972.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Serviço Nacional de Levantamentos e Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230p.

EPAMIG – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, 2010.

ESCOBAR, Luisa Fernanda. **Mitigação das emissões de gases de efeito estufa por sistemas conservacionistas de manejo de solo**. 2011. 118 f. Tese (

Doutorado em Ciência do solo) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2011.

FANG, L.; CONG-QIANG, L.; SHI-LU, W. E ZHEN-JIE, Z. Soil temperature and moisture controls on surface fluxes and profile concentrations of greenhouse gases in karst area in central part of Guizhou Province, southwest China. **Environment Earth Science**, 2012.

FAO. **Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks**. Rome, 74p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/019/i3671e/i3671e.pdf>. Acesso em 1 de fevereiro de 2016.

FERNANDES, Êrika Barretto. **Emissões de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, e N<sub>2</sub>O, em solos sob diferentes cultivos na região do Cerrado**. 2008. 151 p. Tese (Doutorado em Ecologia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

FERREIRA, E. **A excreção de bovinos e as perdas de nitrogênio nas pastagens**. 1995. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Rural do Rio de Janeiro. Seropédica.

FERREIRA, E.; ROCHA, G. C.; BRAZ, S. P.; SOARES, J. C.; ANDRADE, F. A. A. Modelos estatísticos para o estudo da distribuição de excretas de bovinos em pastagens tropicais e sua importância na sustentabilidade desses sistemas. **Livestock Research for Rural Development**, v. 16, n. 9, 2004.

FREIXO, A. A. et al. Quantificação de microorganismos em solos sob plantio puro de *Pseusamanea guachapele* (Kunth) Harms e em consórcio com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Comunicado Técnico – Embrapa Agrobiologia**, Seropédica, n. 39, p. 1-8, jul. 2000.

FROUZ, J.; PIZL, V.; CIENCIALA, E.; KALCIK, J. Carbon storage in post-mining forest, the role of tree biomass and soil bioturbation. **Biogeochemistry**, v. 94, p. 111-121, 2009

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

GODOI, Stefânia Guedes. **Fluxo de gases de efeito estufa em solo do pampa gaúcho sob silvicultura**. 2012, 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Pampa, São Gabriel-RS, 2012.

GOLLEY, F. B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida**. São Paulo: EPU, 1975. 256 p.

GOMES, Juliana. **Emissão de Gases do Efeito Estufa e Mitigação do Potencial de Aquecimento Global por Sistemas Conservacionistas de Manejo do Solo**. 2006. 127p. Tese (Doutorado em Ciência do solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.



GOMES, J.; BAYER, C.; COSTA, F. S.; PICCOLO, M. C.; ZANATTA, J. A.; VIEIRA, F. C. B.; SIX, J. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 106, n. 1; p. 36-44, 2009.

GONÇALVES, J. L. de M. et al. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: p. 1-58. GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. 1ª reimpressão. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005, 427 p.

GRAU NETO, W. **O Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo** – MDL: Uma análise crítica do Instituto. São Paulo: Fiúza, 2007.

GRANLI T. AND BOCKMAN O.C. 1994. Nitrous oxide from agriculture. **Norw. J. Agric. Sci.**, Suppl. 12: 7–128.

GROENIGEN, V, J.W.; VELTHOF, G. L.; VAN DER BOLT, F. J. E.; VOS, A.; KUIKMAN, P. J. Seasonal variation in N<sub>2</sub>O emissions from urine patches: Effects of urine concentration, soil compaction and dung . **Plant and Soil**. 273:15-27, 2005.

GRUPO DE TRABALHO RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO MARCO REFERENCIAL ILPF. Especial Embrapa: integração lavoura-pecuária-floresta. **Agroanalysis**, v. 29, n. 12, p. 27-32, 2009.

HAILE, S. G.; NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D. Carbon storage of different soil-size fractions in Florida silvopastoral systems. **Journal Environmental Quality**, v. 37, p. 1789–1797, 2008.

HAMMOND, K. L.; MUETZEL, S.; WAGHORN, G. C.; PINARES-PATINO, C. S.; BURKE, J. L.; HOSKIN, S. O. 2008. The variation in methane emissions from sheep and cattle is not explained by the chemical composition of ryegrass. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v. 69, p.174-178.

HARRISON, R.; WEBB, J. A review of the effect of N fertilizer type on gaseous emissions. **Advances in Agronomy**, 73, p. 65-108, 2001.

HOUGHTON, J. T., Y. DING, D. J. GRIGGS, M. NOGUER, P. J. van der Linden, and D. Xiaosu, Eds., 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis: **Contributions of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, 881 pp.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da pecuária municipal, Rio de Janeiro, v. 40, p. 1-71, 2012.

INAGAKI, M. & ISHIZUKA, S. Ecological Impact on Nitrogen and Phosphorus Cycling of a Widespread Fast-growing Leguminous Tropical Forest Plantation Tree Species, *Acacia mangium*. **Diversity**, 3, p. 712-720, 2011.

IPCC.**International Panel onClimate Change 2000**.Emissions scenarios. Special Report of the Intergovernmental Panel on . Cambridge University Press, Cambridge, 2000.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change2006**. Revised 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 11. N2O Emissions from Managed Soil, and CO2 Emissions from Lime and Urea Application. Reference Manual. (IPCC/OECD/IEA: Paris), 2006.

IPCC.**International Panel onClimate Change 2007**: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007.

IPCC.**International Panel onClimate Change 2013**: Synthesis Report. Twelfth Session of Working Group I to the Summary for Policymakers. 36p. Geneva, Switzerland, 2013.

IPCC.**International Panel onClimate Change 2013**: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5). Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment.Cambridge University Press, 2216 p.Cambridge, 2013.

IPCC.**International Panel on Climate Change 2014**: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013.

IPCC.**International Panel on Climate Change, 2014**.Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

ISHERWOOD, K. F. Mineral Fertilizer Use and the Environment. **International Fertilizer Industry Association**, 2000.

JANTALIA, C.P. et al. Em busca da mitigação da produção de óxido nitroso em sistemas agrícolas: Avaliação das práticas usadas na produção de grãos no Sul do Brasil. In: ALVES, B.J.R. et al. **Manejo de sistemas agrícolas**: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Porto Alegre: Gênese, 2006. 215p.

JANTALIA, C.P.; SANTOS, H.P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.82, p.161-173, 2008.

KELLING, P. M.; REIS, D. A.; RIBEIRO, P. L.; MARTINAZZO, R.; BAMBERG, A. L.; VALGAS, R. A. Estoques de carbono em solo sob plantio de acácia no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 23.; ENCONTRO DE PÓSGRADUAÇÃO, 16., 2014, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2014.

KHALIL, K.; MARY, B.; RENAULT, P. Nitrous oxide production by nitrification and denitrification in soil aggregates as affected by O<sub>2</sub> concentration. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 36, p. 687-699, 2002.

KHALIL, M. I; BAGGS, E. M. CH<sub>4</sub> oxidation and N<sub>2</sub>O emissions at varied soil water filled pore spaces and heaspace CH<sub>4</sub> concentrations. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 37, n. 10, p. 1785-1794, 2005.

KING, G. M.; ADAMSEN, P. S. Effects of temperature on methane consumption in a forest soil and in pure cultures of the methanotroph *Methylomonas rubra*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 58, p. 2758-2763, 1992.

KODELA, P.G. & HARDEN, G.J. Acacia, p. 381-476 In: Harden, G.J. (ed) Flora of New South Wales. Vol. 2. 2 ed., **Royal Botanic Gardens & Domain Trust**. 574p., 2002.

KONDA, R., OHTA, S., ISHIZUKA, S., HERIYANTO, J. & WICAKSONO, A. Seasonal changes in the spatial structures of N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> fluxes from Acacia mangium plantation soils in Indonesia. **Soil Biology & Biochemistry**, 42, p. 1512 – 1522, 2010.

KONNEKE, M.; BERNHARD, A. E.; TORRE, J. R.; WALKER, C. B.; WATERBURY, J. B.; STAHL, D. A. Isolation of an autotrophic ammonia-oxidizing marine archaeon. **Nature**, v. 437, p. 543-546, 2005.

LAFAY, B. & BURDON, J.J. Small-subunit rRNA genotyping of rhizobia nodulating Australian *Acacia spp.* Appl. Environ. **Microbiol.**, 67:396-402, 2001.

LAL, R.; KIMBLE, J.; STEWART, B. A. Word soils as a source or sink for radiatively-active gases. In: LAL, R. et al. (Ed.). **Soil Managmentt and Greenhouse Effect: advances in soil science**. Boca Raton: CRC Lewis Publishers. P. 1-7, 1995

LAUREN, J.; CARDOSO, A. N.; DUXBURY, J.; VARGAS, M.; AYARSA, M.; MATSON, P. Effects of agricultural development on methane uptake by soils: a temperate – tropical comparison. In: SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING, 1995, St. Louis, Missouri. **Annual meeting abstracts**. St. Louis: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 1995. Lavras, MG: Ed. da UFLA, 2006. 729p.

LEITÃO, M.R.S.M.M. Fixação biológica do nitrogênio por espécies arbóreas. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, Embrapa, 1997. p.153-186.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture Ecosystems Environment**. 2013.

LEMER, J. AND ROGER, P. 2001. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: a review. **European Journal of Soil Biology** 37: 25-50.

LEONEL, F. P. de; PEREIRA, J. C.; COSTA, M. G.; MARCO JUNIOR, P. de; SILVA, C. J. da; LARA, L. A. Consórcio capim braquiária e milho: comportamento produtivo das culturas e características nutricionais e qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 166-176, 2009

LILIENFEIN, 1.; WILCKE, W.; LOURIVAL, V.; AYARZA, M.G.; LIMA, s.c., IECH, W. Soil fertility under native cerrado and pasture in the Brazilian savanna. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 67, p. 1195-1205, 2003.

LOPES, Natália Lima. **Potencial de neutralização das emissões de gases de efeito estufa na pecuária leiteira pelos sistemas silvipastoris**. Viçosa, 2013. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V. & Bacher, L. 2003. Árvores Exóticas no Brasil: Madeireiras, ornamentais e aromáticas. **Instituto Plantarum**. 352p.

LUSTOSA, M. C. J. Inovação e tecnologia para uma economia verde: questões fundamentais. **Política Ambiental**, n. 8, p. 111 – 122, 2011.

MACEDO, M. C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2009, vol.38, pp. 133-146.

MAGIERO, E.C.; ASSMANN, J.M.; BAGATINI, T.; TOMAZI, M.; BAYER, C.; VIERO, F.; CARVALHO, P.C.F. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, atividade de urease e emissão de N<sub>2</sub>O com aplicação de esterco e urina de ovinos. Uberlândia/MG, 2011. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO – CBCS, 33., 2011, Uberlândia/MG, **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia/UFU, 2011. v. 1, p. 1-3.

MAGIERO, Emanuelle Cavazini. **Emissão e balanço de gases do efeito estufa em argissolo sub tropical sob integração lavoura-pecuária com ovinos**. 2013, 91f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2013.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o Território Brasileiro ao longo do século XXI. **Séries Biodiversidade**, n. 26, MMA, 2007.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. **Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades**. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010.

MATA, M. das V. M. da; HOELZEMANN, J.; NETO, E. R. de S.; AGUIAR, A. P. D.; VIEIRA, R. M. da S. P. ASSIS, T.; OMETTO, J. P. Emissões de CO<sub>2</sub> Provenientes do Uso e Mudanças no Uso da Terra no Bioma Caatinga no Nordeste Brasileiro.

**Revista Brasileira de Geografia Física** [da] Universidade Federal de Pernambuco, v. 08, n. 01 p. 144-155. 2015.

MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Mudanças climáticas**, técnicas, notícias, projetos, publicações e serviços, 2010 Disponível em: <http://www.mct.gov.br>. Acesso em 15 de julho de 2015.

MCTI.Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**.Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://gvces.com.br/arquivos/177/EstimativasClima.pdf>>. Acesso em 12 julho de 2015.

MIDGLEY,S.J. &TURNBULL, J.W. 2003. Domestication and use of Australian acacias: case studies of five important species. **Australian Systematic Botany**, 16(1): 89-102.

MERINO, A.; PÉREZ - BATALLÓN, P.; MACÍAS, F. Responses of soil organic matter and greenhouse gas fluxes to soil management and land use changes in a humid temperate region of southern Europe. **Soil Biology and Biochemistry**, 36:917–925, 2004.

MIRANDA, T.; MACHADO, R.; MACHADO, H.; DUQUESNE, P. Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica: estudio de caso. **Pastos y forrajes**, v.30, n.4, p.483-491, 2007.

MOCHIUTTI, Silas. **Produtividade e sustentabilidade de plantações de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) no Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007

MOJEREMANE, W.; International Journal of Forest, **Soil and Erosion**.104p. 2013.

MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 49-59, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed.Lavras: Editora UFLA. 729p. 2006.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: **Secretaria da Agricultura**, 196l. 41p.

MOSIER, A. R. Chamber and isotope techniques. In. ANDREAE, M. O.; SCHIMEL, D. S. (Eds.). **Exchange of traces gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop**. Berlin: Wiley. p.175-187. 1989.

MOSIER, A. R.; DELGADO, J. A.; COHRAN, V. L.; VALENTINE, D. W.; PARTON, W. J. Impacto f agriculture on soil consumption of atmospheric CH<sub>4</sub> and a comparison of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O flux in subartic, temperate and tropical grasslands. **Nutrient Cucling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 49, n. 1, p. 73-83, 1997.

MOSIER, A.; WASSMANN, R.; VERCHOT, L.; KING, J.; PALM, C.; **Environment, Development and Sustainability**.6, 11, 2004.

MOTT, G.O.; POPENOE, H.L. Grassland. P.T. ALVIM. T.T. KOZLOWSKI (eds.). **Ecophysiology of tropical crops**.New York: Academic Press, 1977. p. 157-186.

MURARI, Augusto Bolson. **Levantamento populacional de Scolytidae (Coleoptera) em povoamento de acácia-negra (Acacia mearnsii De Wild)**. 2005. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2005.

NAIR, P. K. R. Carbon sequestration studies in agroforestry systems: a reality-check. **Agroforestry Systems**, September, 2011.

NOGUEIRA, A. K. DA S.; RODRIGUES, R. DE A. R.; CASTRO, B. S.; NOGUEIRA, T. F.; SILVA, J. J. N. DA; BEHLING, M.; MOMBACH, M.; ARMACOLO, N.; SILVEIRA, J. G.. Emissões de óxido nitroso e metano do solo em áreas de recuperação de pastagens na Amazônia Matogrossense. **Quím. Nova**, v.38 n. 7 São Paulo Jun. 2015.

OLIVEIRA, S. G. DE ; BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. dos S.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.; LIMA, M. A. de Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, p. 236–248, 2007.

OLOFSSON J. & OKSANEN L. Role of litter decomposition for the increased primary production in areas of heavily grazed by reindeer:**a litter bag experiment**. Oikos 96, 507–515.2002.

PAUL, F.; CLARK, H. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1996. 300 p.

PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R. Produção de metano e concentração de ácidos graxos voláteis ruminal em bovinos alimentados com diferentes relações de volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Embrapa: SBZ, 2004. 1 CD-ROM

PEICHL, M., ARAIN, M. A., ULLAH, S., and MOORE, T. R.: Carbon dioxide, methane, and nitrous oxide exchanges in an age-sequence of temperate pine forests, Glob. **Change Biol.**, 16, 2198–2212, 2010b.

PERGHER, Maico. **Emissão de óxido nitroso e metano do solo e de dejetos bovinos em sistemas integrados de produção com ILF e ILPF**. 2014. 48f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

PERON,A. J. & EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado.**Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655-661, maio/jun., 2004.

PINÊ, R. E. L.; PINHEIRO, R. S. B.; CHADOUTEAUD, L. M. L.; AMÉRICO, G. H. P. Mudanças climáticas: o efeito estufa e a produção agrícola. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 7, n. 9, dez. 2014, p. 51-61.

PIVA, Jonatas Thiago. **Fluxo de gases de efeito estufa e estoque de carbono do Solo em sistemas integrados de produção no sub trópico Brasileiro**. 2012. 97p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

PIVA, J. T.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MORAES, A.; TOMAZI, M.; PAULETTI, V.; BARTH, G. & PICCOLO, M. C. Soil gaseous N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions and carbon pool due to integrated crop-livestock in a subtropical Ferralsol. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 2013.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Arborização de pastagens: I. **Procedimentos para introdução de árvores em pastagens**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 155).

QUEIROZ, D. S.; VIANA, M. C. M.; VENTURIN, R. P.; SILVA, E. A.; FERNANDES, L. O.; RUAS, J. R. M.; SOUZA, J. V. F. Emissões de gases de efeito estufa pela pecuária e ação mitigadora da ILP. **Cadernos técnicos de Veterinária e Zootecnia**, nº 70. Setembro, 2014

RACHWAL, M.F.G.; Curcio, G.R. & Dedeczek, R.A. 2008. A influência das características pedológicas na produtividade de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), Butiá, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 56: 53-62.

RAFIQUE, R. et al. Nitrous oxide emission from grazed grassland under different management systems. **Ecosystems**, New York, v. 14, p. 563-582, 2011.

REAY, D.S.; NEDWELL, D.B. Methane oxidation in temperate soils: effects of inorganic N. **Soil Biology & Biochemistry**, 36, p. 2059–2065, 2004.

REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; OLIVEIRA, A. A.; AZENHA, M. V.; BRITO, L. F. O pasto como mitigador de emissão de gases efeito estufa. Congresso Brasileiro de Zootecnia, 22. A importância da zootecnia para a segurança alimentar. **Anais...**Cuiabá, Universidade Federal do Mato Grosso, 2012, p.1-20.

REIS, M. das G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: **Relação Solo- Eucalipto**. Viçosa, 1990, 330p.

ROBERTSON, G. P.; GROFFMAN, P. M. In Soil Microbiology. **Biochemistry, and Ecology**; Paul, E. A., ed.; Springer: New York, 2007, cap. 13.

ROCHETTE, P. AND JANZEN, H. Towards a revised coefficient for estimating N<sub>2</sub>O emissions from legumes, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 73, 171–179, 2005.

ROSEKRANS, P.; BRÜGGEMANN, N.; PAPEN, H.; XU, Z.; HORVÁTH, L. & BUTTERBACH-BAHL, K. Soil N and C trace gas microbial soil N turnover in a sessile

oak (*Quercus petraea*(Matt.) Liebl.) forest in Hungary. **Plant and Soil**, 286:301-322, 2006.

SAGGAR, S., HEDLEY, C. B., GILTRAP, D. L., LAMBIE, S. M. Measured and modeled estimates of nitrous oxide emission and methane consumption from a sheep-grazed pasture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 122, p. 357-365, 2007.

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. Seminário: **Ciências Agrárias**, 2009;

SAMINÊZ, Tereza Cristina de Oliveira. **Efeito do sistema de cultivo, tensão da água, biomassa microbiana e temperatura do solo nos fluxos de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O em solos de cerrados**. 1999. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; VASCONCELOS, L. G. T. R.; CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. **Revista Acta Amazônia**, v. 43, p. 395-406, 2013.

SCHEMBERGUE, Altamir. **Análise da integração lavoura-pecuária-floresta como medida adaptativa às mudanças climáticas**. Viçosa, MG, 2014. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

SCHNEIDER, P. R.; OESTEN, G.; BRILL, A. & Mainardi, G. L. 1991. Determinação da produção de casca em acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, 1(1): 64-75.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: 287-308. GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. 1ª reimpressão. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005, 427p

SCHUMACHER, M. V. et al. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 9-14, jan./fev. 2003.

SHERRY, S. P. **The black wattle (*Acacia mearnsii*)**. Pietermaritzburg: University of Natal, 1971. 402 p.

SILVA, D. de F.; AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. D. L. T. D.; ARAUJO, S. G. A. Lixiviação de nitrato e amônio no perfil de Latossolo cultivado com milho irrigado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 19., 2009, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros, 2009.

SILVA, V. P.; RIBASKI, J.. Sistema silvipastoril: integração de competências para a competitividade do agronegócio brasileiro: **Ciência livre**; 2012.



SILVA, Vanderley Porfírio da. O sistema silvipastoril e seus benefícios para a sustentabilidade da pecuária. In: Palestra no Simpósio ABCZ-CNPC Pecuária Sustentável, Uberaba, **Anais...**Uberaba, 2009.

SIMÕES, S. M. O.; ÉDSON, Z.J.; GOMES, C.M.C.; HÉLIO, T. BALIEIRO, F. de C. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. **Acta Amazônia**, v.40, n.1, p.23-30, 2010.

SMITH, K.A.; DOBBIE, K.E.; BALL, B.C.; BAKKEN, L.R.; SITAULA, B.K.; HANSEN, S.; BRUMME, R.; BORKEN, W.; CHRISTENSEN, S.; PRIEME, A.; FOWLER, D.; MACDONALD, J.A.; SKIBA, U.; KLEMEDTSSON, L.; KASIMIR-KLEMEDTSSON, A.; DEGORSKA, A. & ORLANSKI, P. Oxidation of atmospheric methane in Northern European soils, comparison with other ecosystems, and uncertainties in the global terrestrial sink. **Global Change Biology**, 6:791–803, 2000.

SMITH, K.A.; BALL, T.; CONEN, F.; DOBBIE, E.; MASSHEDER, J. & REY, A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. **European Journal of Soil Science**, 54:779-791, 2003.

SOLOMON, J. Corporate. Overnance and accountability.**United kingdom**: wuley, 2007.

STEVENS, R.J.; LAUGHLIN, R.J. Measutement of nitrous oxide and nitrogen emissions from agricultural soils.**Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 52, p. 131-139, 1998.

SUN, S.; CHENG, X.; SUN, D. Emission of N<sub>2</sub>O from a full-scale sequencing batch reactor wastewater treatment plant: Characteristics and influencing factors. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Barking, v. 85, p. 545-549, 2013.

TANG, X.; LIU, S.G.; ZHOU, G.; ZANG, D. & ZHOU, C. Soil-atmospheric exchange of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O in three subtropical forest ecosystems in southern China. **Global Change Biology**, 12:546–560, 2006.

TATE, K. R.; ROSS, D.J.; SAGGAR, S.; HEDLEY, C.B.; DANDO, J.; SINGH, B.K. & LAMBIE, S.M. Methane uptake in soils from *Pinus radiata* plantations, a reverting shrubland and adjacent pastures: Effects of land-use change, and soil texture, water and mineral nitrogen. **Soil Biology & Biochemistry**, 39:1437–1449, 2007.

TEDESCO, N. & PEREIRA, J. C. Acúmulo de biomassa aérea em um povoamento de *Acacia mearnsii*. **Boletim de Pesquisa Florestal.**, Colombo, n. 42, jan./jun./2001, p.95-104, 2001.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. rev. e ampl., Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, Boletim Técnico de Solos, n.5, 174 p., 1995.

TELÉSFORO, Ana Cristina de Oliveira. **Caracterização dos projetos de redução de gases de efeito estufa (GEE) no semiárido brasileiro**.2013. 149 f.Dissertação

(Mestrado em Administração de Empresas) – Universidade de Fortaleza, Fortaleza. 2013.

TIAN, H. et al. Spatial and temporal patterns of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in terrestrial ecosystems of North America during 1979-2008: application of a global biogeochemistry model. **Journal of Geophysical Research**. Biogeosciences. Hoboken, v. 7, n. 2, p. 2673-2694, 2010.

TOMAZ, W. **Pecuarista investe no sistema silvipastoril**. 2010. Disponível em: Acesso em 16 de maio de 2012.

TOMAZI, M.; SALTON, J.C.; FAVARIN, R.P.; RETORE, M.; SANTOS, D.C.; BAYER, C. Emissão de N<sub>2</sub>O proveniente de excretas de bovinos em sistema de integração lavoura- pecuária e pastagem permanente na região tropical do Cerrado brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. Ciência do solo: para quê e para quem: **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

TONATO, F.; MUNIZ, A. W.; BARIONI, L. G.; FREUA, M. C. Balanço de carbono em sistemas de produção de bovinos nos trópicos. II SIMBOV – II Simpósio Matogrossense de Bovinocultura de Corte. Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2015

TOPP, E.; PATTEY, E.; Can. J. **Soil Sci.** 26p. 1997.

UNFPA. **Fundo de População das Nações Unidas**. População. Disponível em: <http://www.unfpa.org.br/novo/index.php/populacao>. Acesso em: 3 de outubro de 2015.

VALVERDE, F.; MOURADOV. A.; SOPPE W.; RAVENSCROFT D.; SAMACH A.; CO UPLAND G. Photoreceptor regulation of CONSTANS protein in photoperiodic flowering. **Science**, 2004.

VARENNES, A.A. In: **Produtividade dos solos e ambiente**. Portugal: Escolar, 2003. p. 163-180.

VELOSO, Murilo Gomes. **Estoque de carbono e emissões de gases de efeito estufa em Cambissolo sob plantações de *Pinus taeda***. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

VERBURG, P.H.; VELDKAMP, A.; ROUSEVELL, M. D. A. Scenario-based studies of future land use in Europe. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 114, p. 1-6., 2006.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Deposição de serrapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) No Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, 2010, pp. 225-233.

VITAL, A. R. T. et al. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, nov./dez. 2004.

WEBSTER, E. A.; HOPKINS, D. W. Contributions from different microbial process to N<sub>2</sub>O emission from soil under different moisture regimes. **Biology Fertility Soils**. Heidelberg, v. 22, n. 4, p. 331-335 1996.

WHEELER, D.M.; LEDGARD, S.F.; de KLEIN, C.A. Using the overseer nutrient budget model to estimate on-farm greenhouse gas emissions. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, p.99-103, 2008.

WRANGE, N. et al. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. **Soil Biology & Biochemistry**. Elmsford, v. 33, n. 12-13, p. 1723-1732, 2001.

YAMULKI, S.; JARVIS, S.C. Short-term effects of tillage and compaction on nitrous oxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, methane and carbon dioxide fluxes from grassland. **Biology and Fertility of Soils**, 36, p. 224–231, 2002.

## **8. APÊNDICES**

**Apêndice A.**Concentrações de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  do solo a 5 cm, Umidade do solo, Temperatura do solo ao longo do estudo (Estudo 1)

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperatura do solo °C
			$\text{NH}_4^+$ mg N $\text{Kg}^{-1}$	$\text{NO}_3^-$ mg N $\text{Kg}^{-1}$	UG g $\text{g}^{-1}$	
9/9/14	Pastagem	1	4.90	0.73	24.57	19.5
9/9/14	Pastagem	2	6.69	0.37	27.67	19.5
9/9/14	Pastagem	3	8.68	1.11	26.77	19.5
9/9/14	Pastagem	4	5.81	2.25	28.60	19.5
9/9/14	Pastagem	5	4.84	2.69	23.08	20.4
9/9/14	Pastagem	6	9.21	3.72	21.56	20.4
9/9/14	Pastagem	7	8.49	1.81	24.03	20.4
9/9/14	Pastagem	8	4.48	0.37	28.05	20.4
9/9/14	Pastagem	9	3.83	4.74	25.18	18.9
9/9/14	Pastagem	10	4.94	1.83	25.72	18.5
9/9/14	Pastagem	11	6.07	1.10	26.24	18.5
9/9/14	Pastagem	12	5.46	1.46	25.00	18.5
9/9/14	Acácia	1	8.24	1.05	20.30	17.2
9/9/14	Acácia	2	7.98	1.42	21.68	17.2
9/9/14	Acácia	3	7.09	1.90	18.71	17.2
9/9/14	Acácia	4	12.15	3.30	19.19	17.2
9/9/14	Acácia	5	5.21	0.52	19.23	17.1
9/9/14	Acácia	6	4.79	1.78	21.92	17.1
9/9/14	Acácia	7	5.79	0.70	20.54	17.1
9/9/14	Acácia	8	3.95	1.03	18.01	17.1
9/9/14	Acácia	9	5.82	0.18	21.25	17.0
9/9/14	Acácia	10	5.25	0.18	24.40	17.0
9/9/14	Acácia	11	5.53	1.25	22.47	17.0
9/9/14	Acácia	12	8.27	0.18	20.78	17.0
2/10/14	Pastagem	1	5.51	0.86	22.13	17.3
2/10/14	Pastagem	2	6.36	0.70	24.67	17.3
2/10/14	Pastagem	3	4.15	0.90	29.58	17.3
2/10/14	Pastagem	4	6.38	0.54	28.76	17.3
2/10/14	Pastagem	5	5.31	1.05	25.82	17.1
2/10/14	Pastagem	6	4.24	1.06	26.70	17.1
2/10/14	Pastagem	7	6.16	1.78	28.10	17.1
2/10/14	Pastagem	8	7.75	0.71	26.65	17.1
2/10/14	Pastagem	9	6.10	1.06	26.85	16.7
2/10/14	Pastagem	10	6.19	1.07	28.76	16.7
2/10/14	Pastagem	11	7.21	1.24	26.99	16.7
2/10/14	Pastagem	12	6.69	1.60	27.64	16.7
2/10/14	Acácia	1	9.48	0.72	22.85	14.6
2/10/14	Acácia	2	8.42	1.08	23.02	14.6

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
2/10/14	Acácia	3	7.60	1.41	21.30	14.6
2/10/14	Acácia	4	6.15	0.18	22.13	14.6
2/10/14	Acácia	5	7.17	1.22	24.67	14.6
2/10/14	Acácia	6	5.57	1.08	29.58	14.6
2/10/14	Acácia	7	3.35	0.35	28.76	14.6
2/10/14	Acácia	8	7.98	1.60	25.82	14.6
2/10/14	Acácia	9	7.05	0.35	26.70	15.2
2/10/14	Acácia	10	2.89	1.44	28.10	15.2
2/10/14	Acácia	11	5.01	0.54	26.65	15.2
2/10/14	Acácia	12	6.06	1.07	26.85	15.2
21/10/14	Pastagem	1	9.23	1.24	26.69	17.0
21/10/14	Pastagem	2	2.71	0.18	33.12	17.0
21/10/14	Pastagem	3	2.68	0.54	31.18	17.0
21/10/14	Pastagem	4	0.38	0.73	30.85	17.0
21/10/14	Pastagem	5	5.38	0.89	27.44	17.9
21/10/14	Pastagem	6	2.91	0.17	24.69	17.9
21/10/14	Pastagem	7	2.26	0.18	29.02	17.9
21/10/14	Pastagem	8	2.06	0.36	28.70	17.9
21/10/14	Pastagem	9	5.77	0.53	27.83	17.7
21/10/14	Pastagem	10	0.38	0.18	29.15	17.7
21/10/14	Pastagem	11	4.82	0.53	27.40	17.7
21/10/14	Pastagem	12	7.13	0.54	28.86	17.7
21/10/14	Acácia	1	1.30	0.93	27.5	16.5
21/10/14	Acácia	2	2.57	1.47	26.12	16.5
21/10/14	Acácia	3	1.93	1.75	20.48	16.5
21/10/14	Acácia	4	1.09	2.36	24.85	16.5
21/10/14	Acácia	5	1.07	1.43	22.34	16.5
21/10/14	Acácia	6	1.46	2.56	25.62	16.5
21/10/14	Acácia	7	1.61	2.86	22.88	16.5
21/10/14	Acácia	8	0.53	4.09	22.02	16.5
21/10/14	Acácia	9	1.43	0.89	22.63	16.7
21/10/14	Acácia	10	1.46	0.91	25.38	16.7
21/10/14	Acácia	11	0.18	1.09	24.49	16.7
21/10/14	Acácia	12	2.31	0.36	22.00	16.7
5/11/14	Pastagem	1	4.17	1.85	19.29	17.9
5/11/14	Pastagem	2	3.39	1.13	36.75	17.9
5/11/14	Pastagem	3	8.67	1.02	21.48	17.9
5/11/14	Pastagem	4	1.46	0.70	25.02	17.9

Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
5/11/14	Acácia	5	12.36	1.43	22.93	16.3
5/11/14	Pastagem	6	3.44	0.52	24.23	18.4
5/11/14	Pastagem	7	4.17	0.54	30.09	18.4
5/11/14	Pastagem	8	1.32	0.18	29.01	18.4
5/11/14	Pastagem	9	3.34	0.56	34.99	17.6
5/11/14	Pastagem	10	4.73	0.36	29.79	17.6
5/11/14	Pastagem	11	6.23	0.18	25.73	17.6
5/11/14	Pastagem	12	3.87	0.17	20.63	17.6
5/11/14	Acácia	1	8.58	0.89	22.67	17.1
5/11/14	Acácia	2	9.66	0.89	22.79	17.1
5/11/14	Acácia	3	6.41	0.87	18.96	17.1
5/11/14	Acácia	4	5.28	1.06	20.72	17.1
5/11/14	Acácia	5	12.36	1.43	22.93	16.3
5/11/14	Acácia	6	7.93	1.48	26.62	16.3
5/11/14	Acácia	7	6.41	1.56	19.02	16.3
5/11/14	Acácia	8	13.93	1.79	22.64	16.3
5/11/14	Acácia	9	6.94	0.69	19.19	17.0
5/11/14	Acácia	10	6.30	1.08	23.54	17.0
5/11/14	Acácia	11	4.94	0.88	21.15	17.0
5/11/14	Acácia	12	6.75	0.94	28.66	17.0
25/11/14	Pastagem	1	1.04	0.52	9.36	22.7
25/11/14	Pastagem	2	1.58	0.35	10.18	22.7
25/11/14	Pastagem	3	0.69	1.90	8.82	22.7
25/11/14	Pastagem	4	0.53	0.53	11.01	22.7
25/11/14	Pastagem	5	1.03	1.72	8.29	23.2
25/11/14	Pastagem	6	1.55	0.52	8.47	23.2
25/11/14	Pastagem	7	1.94	1.41	10.88	23.2
25/11/14	Pastagem	8	0.53	0.35	11.57	23.2
25/11/14	Pastagem	9	0.52	0.87	10.08	22.4
25/11/14	Pastagem	10	0.35	1.05	10.09	22.4
25/11/14	Pastagem	11	0.89	1.07	11.91	22.4
25/11/14	Pastagem	12	0.73	0.91	14.23	22.4
25/11/14	Acácia	1	3.45	1.90	8.68	21.0
25/11/14	Acácia	2	2.77	2.42	8.86	21.0
25/11/14	Acácia	3	2.73	2.22	7.45	21.0
25/11/14	Acácia	4	1.55	0.34	8.29	21.0
25/11/14	Acácia	5	5.49	0.69	7.90	21.0
25/11/14	Acácia	6	1.56	1.39	9.37	21.0

Continuação.

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
25/11/14	Acácia	7	1.21	2.08	8.84	21.0
25/11/14	Acácia	8	5.19	1.21	8.93	21.0
25/11/14	Acácia	9	1.92	0.70	10.12	21.8
25/11/14	Acácia	10	4.61	0.18	11.51	21.8
25/11/14	Acácia	11	0.52	1.55	8.12	21.8
25/11/14	Acácia	12	3.61	1.55	8.10	21.8
16/12/14	Pastagem	1	2.46	1.05	10.57	21.4
16/12/14	Pastagem	2	1.41	0.70	10.69	21.4
16/12/14	Pastagem	3	3.00	1.06	11.18	21.4
16/12/14	Pastagem	4	1.95	1.24	11.82	21.4
16/12/14	Pastagem	5	0.52	1.05	9.86	22.2
16/12/14	Pastagem	6	3.13	1.04	9.36	22.2
16/12/14	Pastagem	7	6.20	1.77	11.52	22.2
16/12/14	Pastagem	8	2.13	0.53	11.61	22.2
16/12/14	Pastagem	9	4.83	0.89	12.48	21.4
16/12/14	Pastagem	10	1.06	0.53	11.58	21.4
16/12/14	Pastagem	11	3.41	2.16	13.05	21.4
16/12/14	Pastagem	12	0.91	1.82	14.62	21.4
16/12/14	Acácia	1	6.82	4.60	7.28	20.2
16/12/14	Acácia	2	4.88	2.27	9.69	20.2
16/12/14	Acácia	3	5.45	3.58	7.19	20.2
16/12/14	Acácia	4	4.83	4.66	8.66	20.2
16/12/14	Acácia	5	5.64	4.10	7.64	19.9
16/12/14	Acácia	6	4.86	5.38	9.15	19.9
16/12/14	Acácia	7	5.33	7.73	8.11	19.9
16/12/14	Acácia	8	3.24	4.61	7.34	19.9
16/12/14	Acácia	9	6.92	5.19	8.90	19.9
16/12/14	Acácia	10	6.70	3.17	10.91	19.9
16/12/14	Acácia	11	5.82	2.23	7.72	19.9
16/12/14	Acácia	12	4.78	6.65	7.37	19.9
7/1/15	Pastagem	1	1.43	0.71	22.64	23.7
7/1/15	Pastagem	2	3.96	2.07	18.18	23.7
7/1/15	Pastagem	3	2.55	1.28	25.23	23.7
7/1/15	Pastagem	4	1.65	0.18	25.54	23.7
7/1/15	Pastagem	5	1.08	1.08	23.49	24.1
7/1/15	Pastagem	6	2.31	1.42	21.96	24.1
7/1/15	Pastagem	7	1.43	0.90	22.98	24.1
7/1/15	Pastagem	8	1.25	1.96	22.23	24.1



Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
7/1/15	Pastagem	9	1.23	1.23	20.36	23.7
7/1/15	Pastagem	10	1.61	1.61	22.76	23.8
7/1/15	Pastagem	11	2.72	0.36	24.42	23.9
7/1/15	Pastagem	12	2.18	0.36	24.96	23.1
7/1/15	Acácia	1	3.28	1.21	18.61	22.2
7/1/15	Acácia	2	3.57	1.70	16.83	22.2
7/1/15	Acácia	3	1.37	0.85	17.20	22.2
7/1/15	Acácia	4	7.16	1.05	19.82	22.2
7/1/15	Acácia	5	4.51	0.87	18.96	22.1
7/1/15	Acácia	6	1.53	0.34	16.91	22.1
7/1/15	Acácia	7	0.70	0.70	19.70	22.1
7/1/15	Acácia	8	1.02	1.02	16.19	22.1
7/1/15	Acácia	9	1.41	0.53	21.20	22.3
7/1/15	Acácia	10	4.36	1.05	19.72	22.3
7/1/15	Acácia	11	0.70	2.09	19.73	22.3
7/1/15	Acácia	12	2.05	2.56	17.11	22.3
27/1/15	Pastagem	1	1.47	0.18	26.07	24.5
27/1/15	Pastagem	2	1.75	1.75	20.09	24.5
27/1/15	Pastagem	3	1.07	1.07	22.35	24.5
27/1/15	Pastagem	4	1.07	1.25	22.60	24.5
27/1/15	Pastagem	5	1.88	0.17	17.34	25.1
27/1/15	Pastagem	6	1.03	0.69	18.16	25.1
27/1/15	Pastagem	7	0.72	0.18	23.00	25.1
27/1/15	Pastagem	8	1.77	0.71	21.45	25.1
27/1/15	Pastagem	9	1.60	3.19	21.76	24.5
27/1/15	Pastagem	10	1.56	1.21	18.69	24.5
27/1/15	Pastagem	11	2.02	0.84	15.76	24.5
27/1/15	Pastagem	12	0.85	0.34	17.14	24.5
27/1/15	Acácia	1	2.67	0.63	7.71	23.7
27/1/15	Acácia	2	4.41	0.98	12.06	23.7
27/1/15	Acácia	3	2.02	2.18	6.93	23.7
27/1/15	Acácia	4	3.04	0.96	9.67	23.7
27/1/15	Acácia	5	2.38	1.27	8.77	23.6
27/1/15	Acácia	6	2.24	0.96	9.96	23.6
27/1/15	Acácia	7	0.79	0.48	8.98	23.6
27/1/15	Acácia	8	2.37	0.63	8.61	23.6
27/1/15	Acácia	9	0.64	0.16	10.45	23.8

Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
27/1/15	Acácia	10	0.83	0.50	14.06	23.8
27/1/15	Acácia	11	1.11	0.16	8.50	23.8
27/1/15	Acácia	12	1.59	0.48	9.00	23.8
13/2/15	Pastagem	1	0.18	1.06	22.81	23.4
13/2/15	Pastagem	2	0.17	0.69	20.50	23.4
13/2/15	Pastagem	3	2.11	0.53	22.28	23.4
13/2/15	Pastagem	4	2.28	0.70	21.73	23.4
13/2/15	Pastagem	5	4.82	0.34	19.63	23.9
13/2/15	Pastagem	6	2.23	0.69	19.52	23.9
13/2/15	Pastagem	7	1.39	0.17	20.71	23.9
13/2/15	Pastagem	8	1.57	0.35	21.50	23.9
13/2/15	Pastagem	9	2.38	1.87	18.19	23.6
13/2/15	Pastagem	10	2.77	1.38	20.35	23.6
13/2/15	Pastagem	11	4.12	1.54	19.35	23.6
13/2/15	Pastagem	12	4.94	0.53	22.65	23.6
13/2/15	Acácia	1	3.01	0.63	10.21	21.80
13/2/15	Acácia	2	6.04	0.32	10.57	21.80
13/2/15	Acácia	3	2.87	0.96	10.84	21.80
13/2/15	Acácia	4	3.66	0.32	10.66	21.80
13/2/15	Acácia	5	4.68	0.97	12.24	21.7
13/2/15	Acácia	6	8.17	0.64	11.38	21.7
13/2/15	Acácia	7	0.81	0.81	12.80	21.7
13/2/15	Acácia	8	1.43	0.79	10.24	21.7
13/2/15	Acácia	9	2.30	0.66	14.22	21.8
13/2/15	Acácia	10	4.79	0.99	14.85	21.8
13/2/15	Acácia	11	1.16	0.66	15.57	21.8
13/2/15	Acácia	12	0.64	0.80	11.30	21.8
11/3/15	Pastagem	1	3.74	1.60	13.67	22.4
11/3/15	Pastagem	2	5.06	1.05	11.25	22.4
11/3/15	Pastagem	3	5.94	1.62	14.81	22.4
11/3/15	Pastagem	4	5.32	0.89	13.03	22.4
11/3/15	Pastagem	5	4.47	1.20	9.61	22.5
11/3/15	Pastagem	6	2.84	1.60	13.09	22.5
11/3/15	Pastagem	7	5.57	0.54	14.52	22.5
11/3/15	Pastagem	8	4.96	2.83	12.88	22.5
11/3/15	Pastagem	9	3.09	2.18	16.02	22.5
11/3/15	Pastagem	10	3.00	1.24	12.57	22.5
11/3/15	Pastagem	11	2.88	0.54	14.56	22.5

Continuação						
11/3/15	Pastagem	12	2.35	0.54	15.34	22.5
Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperat ura do solo °C
11/3/15	Acácia	1	5.56	1.35	7.34	21.8
11/3/15	Acácia	2	8.12	1.18	7.85	21.8
11/3/15	Acácia	3	4.36	2.35	6.88	21.8
11/3/15	Acácia	4	4.06	3.72	7.72	21.8
11/3/15	Acácia	5	4.72	3.20	7.46	21.6
11/3/15	Acácia	6	5.43	1.53	8.15	21.6
11/3/15	Acácia	7	3.19	1.34	6.99	21.6
11/3/15	Acácia	8	3.68	1.00	6.55	21.6
11/3/15	Acácia	9	5.17	0.52	9.83	21.7
11/3/15	Acácia	10	7.71	1.03	9.17	21.7
11/3/15	Acácia	11	3.02	1.68	6.97	21.7
11/3/15	Acácia	12	3.33	2.17	6.24	21.7
1/4/15	Pastagem	1	1.70	0.51	18.18	19.7
1/4/15	Pastagem	2	5.18	2.17	16.19	19.7
1/4/15	Pastagem	3	4.38	1.37	19.29	19.7
1/4/15	Pastagem	4	3.02	0.68	18.22	19.7
1/4/15	Pastagem	5	6.80	0.51	18.46	20.0
1/4/15	Pastagem	6	5.79	1.18	17.25	20.0
1/4/15	Pastagem	7	5.60	0.34	17.20	20.0
1/4/15	Pastagem	8	3.55	1.18	17.38	20.0
1/4/15	Pastagem	9	3.51	1.34	16.14	19.8
1/4/15	Pastagem	10	5.33	1.72	19.31	19.8
1/4/15	Pastagem	11	3.01	0.68	17.94	19.8
1/4/15	Pastagem	12	3.44	1.03	19.69	19.8
1/4/15	Acácia	1	9.54	5.92	14.34	18.8
1/4/15	Acácia	2	11.90	2.41	11.86	18.8
1/4/15	Acácia	3	6.04	5.39	13.49	18.8
1/4/15	Acácia	4	17.54	1.95	12.96	18.8
1/4/15	Acácia	5	6.32	4.82	15.64	18.4
1/4/15	Acácia	6	19.83	5.85	13.04	18.4
1/4/15	Acácia	7	5.02	1.13	12.66	18.4
1/4/15	Acácia	8	12.43	2.55	10.82	18.4
1/4/15	Acácia	9	5.09	0.99	14.24	18.5
1/4/15	Acácia	10	23.08	0.82	14.66	18.5
1/4/15	Acácia	11	6.73	3.04	11.45	18.5
1/4/15	Acácia	12	11.28	3.06	12.07	18.5

Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
23/4/15	Pastagem	1	0.64	0.80	11.40	16.8
23/4/15	Pastagem	2	0.70	0.80	10.65	16.8
23/4/15	Pastagem	3	0.54	0.81	12.43	16.8
23/4/15	Pastagem	4	1.08	0.82	13.36	16.8
23/4/15	Pastagem	5	0.71	0.96	11.85	17.2
23/4/15	Pastagem	6	0.71	0.96	11.37	17.2
23/4/15	Pastagem	7	0.71	1.13	12.24	17.2
23/4/15	Pastagem	8	0.73	0.99	14.31	17.2
23/4/15	Pastagem	9	0.71	0.64	11.33	17.3
23/4/15	Pastagem	10	0.35	0.32	11.72	17.3
23/4/15	Pastagem	11	0.92	0.50	15.29	17.3
23/4/15	Pastagem	12	0.89	0.48	12.20	17.3
23/4/15	Acácia	1	3.68	4.14	6.70	16.5
23/4/15	Acácia	2	4.67	2.34	8.36	16.5
23/4/15	Acácia	3	1.52	0.76	5.58	16.5
23/4/15	Acácia	4	3.82	1.99	6.26	16.5
23/4/15	Acácia	5	2.94	3.40	7.53	16.1
23/4/15	Acácia	6	3.08	3.23	7.03	16.1
23/4/15	Acácia	7	0.61	0.91	5.90	16.1
23/4/15	Acácia	8	6.08	1.37	5.64	16.1
23/4/15	Acácia	9	1.09	0.94	8.38	16.0
23/4/15	Acácia	10	3.07	1.84	6.80	16.0
23/4/15	Acácia	11	1.84	2.30	6.58	16.0
23/4/15	Acácia	12	6.68	1.52	5.65	16.0
13/5/15	Pastagem	1	2.90	0.85	18.83	13.9
13/5/15	Pastagem	2	2.30	0.69	20.19	13.9
13/5/15	Pastagem	3	1.35	0.87	21.01	13.9
13/5/15	Pastagem	4	2.55	0.88	22.38	13.9
13/5/15	Pastagem	5	2.84	1.02	18.77	14.7
13/5/15	Pastagem	6	3.86	1.56	20.81	14.7
13/5/15	Pastagem	7	3.10	0.70	21.27	14.7
13/5/15	Pastagem	8	2.95	0.35	22.85	14.7
13/5/15	Pastagem	9	3.76	1.02	17.82	14.0
13/5/15	Pastagem	10	3.07	0.69	19.95	14.0
13/5/15	Pastagem	11	2.56	0.71	23.13	14.0
13/5/15	Pastagem	12	2.93	0.88	22.06	14.0
13/5/15	Acácia	1	11.73	6.77	14.92	13.8
13/5/15	Acácia	2	9.90	3.52	16.68	13.8

Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
13/5/15	Acácia	3	5.01	1.84	16.22	13.8
13/5/15	Acácia	4	11.16	2.54	17.63	13.8
13/5/15	Acácia	5	8.82	2.83	15.76	13.7
13/5/15	Acácia	6	11.78	1.00	15.38	13.7
13/5/15	Acácia	7	9.14	1.90	19.99	13.7
13/5/15	Acácia	8	7.27	0.34	17.56	13.7
13/5/15	Acácia	9	8.85	1.53	18.42	14.0
13/5/15	Acácia	10	8.10	0.34	17.42	14.0
13/5/15	Acácia	11	4.85	0.17	16.37	14.0
13/5/15	Acácia	12	3.96	0.17	14.88	14.0
3/6/15	Pastagem	1	1.39	1.04	20.58	12.8
3/6/15	Pastagem	2	0.57	0.85	18.17	12.8
3/6/15	Pastagem	3	0.58	0.87	21.63	12.8
3/6/15	Pastagem	4	0.38	0.69	20.03	12.8
3/6/15	Pastagem	5	0.76	0.86	19.44	13.2
3/6/15	Pastagem	6	1.15	1.04	20.33	13.2
3/6/15	Pastagem	7	0.57	0.69	19.71	13.2
3/6/15	Pastagem	8	0.76	1.20	19.16	13.2
3/6/15	Pastagem	9	1.12	0.68	17.37	12.8
3/6/15	Pastagem	10	1.52	0.51	19.04	12.8
3/6/15	Pastagem	11	1.73	0.87	20.47	12.8
3/6/15	Pastagem	12	2.26	1.02	18.22	12.8
3/6/15	Acácia	1	5.48	0.94	8.87	14.0
3/6/15	Acácia	2	3.36	0.48	11.16	14.0
3/6/15	Acácia	3	4.07	1.10	8.82	14.0
3/6/15	Acácia	4	3.20	0.80	11.19	14.0
3/6/15	Acácia	5	2.23	0.96	10.72	13.9
3/6/15	Acácia	6	3.52	0.48	11.25	13.9
3/6/15	Acácia	7	2.55	0.48	10.72	13.9
3/6/15	Acácia	8	3.17	0.95	10.31	13.9
3/6/15	Acácia	9	1.31	0.82	13.90	14.0
3/6/15	Acácia	10	0.65	0.16	12.98	14.0
3/6/15	Acácia	11	0.64	0.48	12.09	14.0
3/6/15	Acácia	12	1.12	0.80	11.22	14.0
24/6/15	Pastagem	1	1.96	0.54	24.06	9.2
24/6/15	Pastagem	2	2.58	0.36	23.81	9.2
24/6/15	Pastagem	3	0.61	1.27	25.74	9.2
24/6/15	Pastagem	4	1.41	1.26	25.52	9.2

Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
24/6/15	Pastagem	5	2.35	0.35	22.29	8.9
24/6/15	Pastagem	6	1.64	1.64	27.10	8.9
24/6/15	Pastagem	7	1.39	0.36	24.17	8.9
24/6/15	Pastagem	8	1.78	1.06	23.15	8.9
24/6/15	Pastagem	9	3.64	2.07	19.82	9.4
24/6/15	Pastagem	10	3.76	2.13	23.43	9.4
24/6/15	Pastagem	11	4.32	0.88	22.56	9.4
24/6/15	Pastagem	12	4.26	1.04	21.12	9.4
24/6/15	Acácia	1	2.50	4.33	15.84	8.6
24/6/15	Acácia	2	1.99	2.32	15.31	8.6
24/6/15	Acácia	3	4.07	0.49	13.14	8.6
24/6/15	Acácia	4	1.34	0.67	16.26	8.6
24/6/15	Acácia	5	3.43	1.71	19.15	8.4
24/6/15	Acácia	6	2.69	1.18	17.13	8.4
24/6/15	Acácia	7	2.87	2.53	17.28	8.4
24/6/15	Acácia	8	2.34	2.68	16.48	8.4
24/6/15	Acácia	9	3.36	0.67	16.71	8.8
24/6/15	Acácia	10	2.05	0.34	18.64	8.8
24/6/15	Acácia	11	0.50	1.01	16.80	8.8
24/6/15	Acácia	12	2.99	1.00	15.59	8.8
15/7/15	Pastagem	1	4.48	1.08	24.71	10.4
15/7/15	Pastagem	2	3.52	1.58	22.17	10.4
15/7/15	Pastagem	3	3.90	2.20	27.58	10.4
15/7/15	Pastagem	4	2.86	0.55	26.85	10.4
15/7/15	Pastagem	5	5.77	0.18	23.99	11.0
15/7/15	Pastagem	6	6.96	0.18	23.96	11.0
15/7/15	Pastagem	7	5.35	0.89	23.54	11.0
15/7/15	Pastagem	8	4.06	0.55	26.39	11.0
15/7/15	Pastagem	9	5.31	2.30	22.86	11.0
15/7/15	Pastagem	10	5.24	0.72	25.39	11.0
15/7/15	Pastagem	11	6.85	0.35	22.28	11.0
15/7/15	Pastagem	12	7.34	0.18	23.73	11.0
15/7/15	Acácia	1	5.10	0.82	14.47	10.2
15/7/15	Acácia	2	3.61	0.52	19.52	10.2
15/7/15	Acácia	3	2.50	1.33	15.73	10.2
15/7/15	Acácia	4	2.54	1.19	17.75	10.2
15/7/15	Acácia	5	3.11	0.35	20.07	9.8
15/7/15	Acácia	6	3.52	0.34	16.50	9.8

Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
15/7/15	Acácia	7	7.65	0.34	18.18	9.8
15/7/15	Acácia	8	3.86	0.17	16.82	9.8
15/7/15	Acácia	9	4.84	1.55	20.13	9.8
15/7/15	Acácia	10	3.41	0.17	18.43	9.8
15/7/15	Acácia	11	2.40	1.03	19.12	9.8
15/7/15	Acácia	12	1.34	0.33	16.41	9.8
4/8/15	Pastagem	1	1.06	0.89	23.12	13.7
4/8/15	Pastagem	2	3.09	0.55	28.01	13.7
4/8/15	Pastagem	3	4.08	0.55	26.78	13.7
4/8/15	Pastagem	4	1.86	0.18	28.39	13.7
4/8/15	Pastagem	5	2.31	1.04	20.52	14.4
4/8/15	Pastagem	6	2.65	1.28	26.99	14.4
4/8/15	Pastagem	7	1.21	1.27	25.83	14.4
4/8/15	Pastagem	8	3.24	0.73	26.16	14.4
4/8/15	Pastagem	9	1.38	1.06	23.04	14.2
4/8/15	Pastagem	10	2.45	0.36	26.78	14.2
4/8/15	Pastagem	11	2.23	1.63	25.98	14.2
4/8/15	Pastagem	12	2.01	1.44	25.17	14.2
4/8/15	Acácia	1	2.05	0.85	18.87	14.2
4/8/15	Acácia	2	4.93	1.53	18.12	14.2
4/8/15	Acácia	3	2.83	2.50	15.81	14.2
4/8/15	Acácia	4	3.28	3.97	19.91	14.2
4/8/15	Acácia	5	6.69	2.23	19.22	14.1
4/8/15	Acácia	6	4.66	3.11	19.99	14.1
4/8/15	Acácia	7	3.10	1.55	19.93	14.1
4/8/15	Acácia	8	2.56	0.34	18.72	14.1
4/8/15	Acácia	9	2.15	0.90	24.53	13.9
4/8/15	Acácia	10	2.28	0.35	21.81	13.9
4/8/15	Acácia	11	3.45	0.86	19.96	13.9
4/8/15	Acácia	12	1.51	0.67	16.75	13.9
25/8/15	Pastagem	1	4.30	1.08	24.74	13.0
25/8/15	Pastagem	2	5.54	1.47	27.49	13.0
25/8/15	Pastagem	3	4.09	2.49	32.96	13.0
25/8/15	Pastagem	4	4.48	0.73	26.58	13.0
25/8/15	Pastagem	5	5.27	0.91	26.09	13.9
25/8/15	Pastagem	6	4.57	1.07	24.02	13.9
25/8/15	Pastagem	7	5.98	1.61	24.21	13.9
25/8/15	Pastagem	8	6.01	1.48	28.62	13.9

Continuação.

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			Temperat ura do solo °C
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	
25/8/15	Pastagem	9	6.31	1.77	23.13	14.0
25/8/15	Pastagem	10	5.81	3.23	24.77	14.0
25/8/15	Pastagem	11	4.91	3.52	22.55	14.0
25/8/15	Pastagem	12	5.54	1.95	23.49	14.0
25/8/15	Acácia	1	7.06	2.25	11.67	12.8
25/8/15	Acácia	2	7.91	3.62	14.56	12.8
25/8/15	Acácia	3	5.96	2.58	12.11	12.8
25/8/15	Acácia	4	6.43	0.82	14.67	12.8
25/8/15	Acácia	5	8.84	3.50	16.02	12.6
25/8/15	Acácia	6	5.57	1.01	17.43	12.6
25/8/15	Acácia	7	6.44	0.99	14.89	12.6
25/8/15	Acácia	8	6.02	2.11	13.14	12.6
25/8/15	Acácia	9	6.05	3.02	16.82	12.8
25/8/15	Acácia	10	7.36	2.22	18.98	12.8
25/8/15	Acácia	11	5.45	1.32	14.80	12.8
25/8/15	Acácia	12	5.60	1.48	14.56	12.8



**Apêndice B.**Concentrações de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  do solo a 5 cm, Umidade do solo, Temperatura do solo ao longo do estudo (Estudo 2)

Data	Trat.	Rep. Camp o	Variáveis do Solo			
			$\text{NH}_4^+$ $\text{mg N Kg}^{-1}$	$\text{NO}_3^-$ mg N $\text{Kg}^{-1}$	UG $\text{g g}^{-1}$	Temperatura do solo $^{\circ}\text{C}$
23/9/14	Pastagem	1	1.57	0.17	19.56	18.4
23/9/14	Pastagem	2	1.94	1.41	21.00	18.4
23/9/14	Pastagem	3	3.16	0.35	20.36	18.4
23/9/14	Pastagem	4	0.51	0.17	16.08	18.4
23/9/14	Pastagem	5	3.41	0.34	17.20	20.1
23/9/14	Pastagem	6	4.25	1.02	16.58	20.1
23/9/14	Pastagem	7	2.93	0.34	18.17	20.1
23/9/14	Pastagem	8	0.51	0.51	17.69	20.1
23/9/14	Pastagem	9	0.86	0.34	17.52	20.2
23/9/14	Pastagem	10	1.87	0.51	16.80	20.2
23/9/14	Pastagem	11	3.57	0.34	16.64	20.2
23/9/14	Pastagem	12	3.57	0.85	16.75	20.2
23/9/14	Acácia	1	9.08	6.73	15.45	16.6
23/9/14	Acácia	2	8.51	5.34	14.59	16.6
23/9/14	Acácia	3	6.77	4.46	22.36	16.6
23/9/14	Acácia	4	11.16	3.78	17.88	16.6
23/9/14	Acácia	5	7.36	4.68	14.79	16.4
23/9/14	Acácia	6	8.15	4.08	16.63	16.4
23/9/14	Acácia	7	3.67	3.67	14.39	16.4
23/9/14	Acácia	8	3.65	3.32	13.86	16.4
23/9/14	Acácia	9	4.22	2.87	16.01	17.4
23/9/14	Acácia	10	4.27	3.07	17.21	17.4
23/9/14	Acácia	11	4.78	4.12	13.14	17.4
23/9/14	Acácia	12	5.74	4.76	12.65	17.4
7/10/14	Pastagem	1	7.28	1.78	21.88	20.4
7/10/14	Pastagem	2	3.20	1.39	22.22	20.4
7/10/14	Pastagem	3	5.58	1.67	27.71	20.4
7/10/14	Pastagem	4	3.32	1.75	20.04	20.4
7/10/14	Pastagem	5	5.99	2.74	20.98	20.6
7/10/14	Pastagem	6	7.54	1.36	20.44	20.6
7/10/14	Pastagem	7	5.04	2.12	19.41	20.6
7/10/14	Pastagem	8	4.27	2.97	22.13	20.6
7/10/14	Pastagem	9	7.39	2.54	20.83	20.8
7/10/14	Pastagem	10	5.64	2.94	21.00	20.8
7/10/14	Pastagem	11	7.41	3.06	18.31	20.8
7/10/14	Pastagem	12	2.96	1.55	19.64	20.8
7/10/14	Acácia	1	4.81	5.01	19.07	17.7

Continuação

7/10/14	Acácia	2	7.13	3.08	19.18	17.7
Variáveis do Solo						
Data	Trat.	Rep. Campo	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperatura do solo °C
7/10/14	Acácia	4	8.53	4.67	24.90	17.7
7/10/14	Acácia	5	5.09	5.09	20.86	17.7
7/10/14	Acácia	6	5.80	10.66	16.01	17.8
7/10/14	Acácia	7	4.74	3.76	21.90	17.8
7/10/14	Acácia	8	4.83	3.16	15.38	17.8
7/10/14	Acácia	9	7.83	3.91	15.65	17.8
7/10/14	Acácia	10	4.64	4.25	19.54	17.8
7/10/14	Acácia	11	4.43	5.40	19.15	17.8
7/10/14	Acácia	12	4.42	4.61	14.48	17.8
28/10/14	Pastagem	1	2.31	0.17	13.36	19.7
28/10/14	Pastagem	2	1.46	0.16	11.55	19.7
28/10/14	Pastagem	3	0.49	1.94	11.17	19.7
28/10/14	Pastagem	4	0.95	1.43	8.96	19.7
28/10/14	Pastagem	5	3.06	0.32	10.53	23.7
28/10/14	Pastagem	6	4.45	0.79	9.13	23.7
28/10/14	Pastagem	7	3.19	0.64	9.39	23.7
28/10/14	Pastagem	8	2.76	1.46	11.65	23.7
28/10/14	Pastagem	9	3.38	0.32	10.58	24.2
28/10/14	Pastagem	10	4.13	2.23	9.18	24.2
28/10/14	Pastagem	11	0.32	0.48	9.46	24.2
28/10/14	Pastagem	12	0.48	0.32	10.18	24.2
28/10/14	Acácia	1	4.71	4.22	11.41	20.5
28/10/14	Acácia	2	1.32	4.78	13.20	20.5
28/10/14	Acácia	3	1.57	6.62	19.55	20.5
28/10/14	Acácia	4	2.00	5.32	14.17	20.5
28/10/14	Acácia	5	2.30	5.91	12.64	19.9
28/10/14	Acácia	6	1.47	5.38	11.83	19.9
28/10/14	Acácia	7	0.80	4.32	9.76	19.9
28/10/14	Acácia	8	0.65	4.36	10.87	19.9
28/10/14	Acácia	9	4.22	6.65	11.37	20.0
28/10/14	Acácia	10	0.82	6.25	12.92	20.0
28/10/14	Acácia	11	3.84	4.96	9.94	20.0
28/10/14	Acácia	12	4.41	4.88	8.08	20.0
11/11/14	Pastagem	1	3.74	0.53	11.03	23.7
11/11/14	Pastagem	2	2.02	0.92	13.84	23.7
11/11/14	Pastagem	3	2.71	2.17	12.55	23.7
11/11/14	Pastagem	4	3.32	1.40	9.18	23.7

Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperatura do solo °C
11/11/14	Pastagem	5	2.86	1.43	11.46	24.1
11/11/14	Pastagem	6	3.38	0.53	10.90	24.1
11/11/14	Pastagem	7	2.46	1.23	9.53	24.1
11/11/14	Pastagem	8	3.79	0.90	12.37	24.1
11/11/14	Pastagem	9	3.79	1.26	12.34	24.6
11/11/14	Pastagem	10	1.60	0.89	10.49	24.6
11/11/14	Pastagem	11	3.02	0.35	10.57	24.6
11/11/14	Pastagem	12	2.99	0.53	9.70	24.6
11/11/14	Acácia	1	5.58	1.26	12.13	20.5
11/11/14	Acácia	2	5.34	3.32	14.41	20.5
11/11/14	Acácia	3	5.57	2.30	18.79	20.5
11/11/14	Acácia	4	5.50	2.38	13.84	20.5
11/11/14	Acácia	5	3.71	1.94	10.06	20.3
11/11/14	Acácia	6	3.76	1.61	11.61	20.3
11/11/14	Acácia	7	3.71	1.94	10.19	20.3
11/11/14	Acácia	8	3.55	1.42	10.64	20.3
11/11/14	Acácia	9	1.46	0.55	13.53	20.2
11/11/14	Acácia	10	4.16	3.07	12.46	20.2
11/11/14	Acácia	11	3.22	1.25	11.56	20.2
11/11/14	Acácia	12	3.13	1.56	8.48	20.2
3/12/14	Pastagem	1	1.59	0.71	11.44	24.3
3/12/14	Pastagem	2	3.34	1.93	10.65	24.3
3/12/14	Pastagem	3	3.51	0.53	10.49	24.3
3/12/14	Pastagem	4	3.76	0.90	12.67	24.3
3/12/14	Pastagem	5	5.38	2.26	9.18	24.7
3/12/14	Pastagem	6	4.58	2.11	10.75	24.7
3/12/14	Pastagem	7	3.35	0.70	10.90	24.7
3/12/14	Pastagem	8	0.86	1.55	8.15	24.7
3/12/14	Pastagem	9	1.94	1.76	10.73	25.2
3/12/14	Pastagem	10	2.59	1.03	8.53	25.2
3/12/14	Pastagem	11	3.12	0.52	9.15	25.2
3/12/14	Pastagem	12	2.82	1.23	10.75	25.2
3/12/14	Acácia	1	1.74	1.05	9.76	21.1
3/12/14	Acácia	2	1.98	4.50	13.29	21.1
3/12/14	Acácia	3	0.92	3.49	15.67	21.1
3/12/14	Acácia	4	2.16	2.88	13.41	21.1
3/12/14	Acácia	5	0.71	1.06	11.48	20.8
3/12/14	Acácia	6	1.06	5.67	11.52	20.8

Continuação

3/12/14	Acácia	7	1.59	1.94	11.13	20.8
3/12/14	Acácia	8	1.06	2.65	11.19	20.8
Variáveis do Solo						
Data	Trat.	Rep. Campo	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperatura do solo °C
3/12/14	Acácia	9	2.75	3.43	8.02	20.9
3/12/14	Acácia	10	2.99	6.68	10.65	20.9
3/12/14	Acácia	11	1.78	4.09	12.01	20.9
3/12/14	Acácia	12	2.10	4.55	10.09	20.9
19/12/14	Pastagem	1	0.36	0.54	14.00	24.3
19/12/14	Pastagem	2	1.43	2.32	12.36	24.3
19/12/14	Pastagem	3	3.23	2.33	13.00	24.3
19/12/14	Pastagem	4	2.48	2.66	11.43	24.3
19/12/14	Pastagem	5	4.13	2.51	12.91	24.6
19/12/14	Pastagem	6	2.83	2.30	11.34	24.6
19/12/14	Pastagem	7	2.49	1.95	11.79	24.6
19/12/14	Pastagem	8	3.73	2.67	11.86	24.6
19/12/14	Pastagem	9	2.67	2.85	12.05	24.7
19/12/14	Pastagem	10	2.47	2.65	11.23	24.7
19/12/14	Pastagem	11	0.54	1.08	13.54	24.7
19/12/14	Pastagem	12	1.96	5.89	12.35	24.7
19/12/14	Acácia	1	3.43	3.25	13.56	20.6
19/12/14	Acácia	2	4.36	3.27	14.27	20.6
19/12/14	Acácia	3	1.69	6.19	18.13	20.6
19/12/14	Acácia	4	3.86	8.44	15.53	20.6
19/12/14	Acácia	5	2.32	1.43	12.36	20.7
19/12/14	Acácia	6	0.72	1.63	13.79	20.7
19/12/14	Acácia	7	0.36	1.44	13.31	20.7
19/12/14	Acácia	8	0.36	1.98	13.23	20.7
19/12/14	Acácia	9	0.18	1.65	15.08	20.6
19/12/14	Acácia	10	0.93	2.59	16.43	20.6
19/12/14	Acácia	11	1.81	2.18	14.07	20.6
19/12/14	Acácia	12	2.10	1.75	10.34	20.6
13/1/15	Pastagem	1	3.05	1.36	16.29	27.1
13/1/15	Pastagem	2	1.56	1.39	18.97	27.1
13/1/15	Pastagem	3	2.99	0.33	13.91	27.1
13/1/15	Pastagem	4	3.28	1.31	12.47	27.1
13/1/15	Pastagem	5	1.83	1.33	13.96	27.4
13/1/15	Pastagem	6	2.82	1.00	13.93	27.4
13/1/15	Pastagem	7	1.14	1.47	11.97	27.4
13/1/15	Pastagem	8	2.35	1.01	15.11	27.4

Continuação

13/1/15	Pastagem	9	1.36	1.87	16.45	27.6
Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperatura do solo °C
13/1/15	Pastagem	10	1.47	1.30	11.84	27.6
13/1/15	Pastagem	11	3.15	0.83	13.74	27.6
13/1/15	Pastagem	12	1.49	1.65	13.57	27.6
13/1/15	Acácia	1	1.00	1.51	14.83	23.9
13/1/15	Acácia	2	1.93	1.40	20.45	23.9
13/1/15	Acácia	3	1.67	1.00	14.81	23.9
13/1/15	Acácia	4	1.67	1.67	14.70	23.9
13/1/15	Acácia	5	1.18	1.18	16.09	23.9
13/1/15	Acácia	6	2.16	1.16	13.82	23.9
13/1/15	Acácia	7	2.47	1.65	13.25	23.9
13/1/15	Acácia	8	0.99	1.32	13.11	24.2
13/1/15	Acácia	9	1.63	1.95	11.79	24.2
13/1/15	Acácia	10	0.83	1.50	14.33	24.2
13/1/15	Acácia	11	1.32	1.65	13.34	24.2
13/1/15	Acácia	12	1.00	1.51	14.83	23.9
4/2/15	Pastagem	1	5.02	1.26	9.13	27.1
4/2/15	Pastagem	2	4.71	1.26	9.27	27.1
4/2/15	Pastagem	3	4.91	3.01	10.16	27.1
4/2/15	Pastagem	4	4.23	2.82	9.07	27.1
4/2/15	Pastagem	5	4.77	0.95	10.51	27.1
4/2/15	Pastagem	6	4.88	1.26	9.45	27.1
4/2/15	Pastagem	7	4.23	0.78	8.95	27.1
4/2/15	Pastagem	8	4.30	1.11	10.75	27.1
4/2/15	Pastagem	9	4.05	0.47	8.45	27.3
4/2/15	Pastagem	10	2.89	0.80	11.62	27.3
4/2/15	Pastagem	11	4.39	2.04	9.03	27.3
4/2/15	Pastagem	12	5.00	0.62	8.62	27.3
4/2/15	Acácia	1	5.00	5.32	8.76	23.4
4/2/15	Acácia	2	3.03	5.73	10.74	23.4
4/2/15	Acácia	3	3.74	6.29	18.22	23.4
4/2/15	Acácia	4	4.15	5.11	10.95	23.4
4/2/15	Acácia	5	3.65	3.49	10.22	23.2
4/2/15	Acácia	6	4.00	8.17	11.39	23.2
4/2/15	Acácia	7	4.60	4.13	10.40	23.2
4/2/15	Acácia	8	3.11	3.11	8.19	23.2
4/2/15	Acácia	9	3.21	4.97	11.58	23.2
4/2/15	Acácia	10	2.34	4.52	8.51	23.2
4/2/15	Acácia	11	1.40	4.51	8.20	23.2

Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Tempera tura do solo °C
4/2/15	Acácia	12	2.62	4.01	7.19	23.2
24/2/15	Pastagem	1	3.47	1.26	9.83	25.0
24/2/15	Pastagem	2	3.78	0.47	9.64	25.0
24/2/15	Pastagem	3	4.90	1.26	9.94	25.0
24/2/15	Pastagem	4	2.32	1.24	7.73	25.0
24/2/15	Pastagem	5	3.57	1.24	7.81	25.2
24/2/15	Pastagem	6	4.43	0.47	10.09	25.2
24/2/15	Pastagem	7	2.95	0.93	8.06	25.2
24/2/15	Pastagem	8	2.81	1.41	8.73	25.2
24/2/15	Pastagem	9	5.01	1.72	8.89	25.2
24/2/15	Pastagem	10	9.64	1.09	8.08	25.2
24/2/15	Pastagem	11	3.31	1.26	9.52	25.2
24/2/15	Pastagem	12	3.75	1.09	8.57	25.2
24/2/15	Acácia	1	4.10	4.89	9.70	22.6
24/2/15	Acácia	2	3.92	8.00	13.56	22.6
24/2/15	Acácia	3	5.10	15.81	18.22	22.6
24/2/15	Acácia	4	3.67	5.43	10.99	22.6
24/2/15	Acácia	5	4.40	4.09	9.27	22.7
24/2/15	Acácia	6	4.93	4.29	10.50	22.7
24/2/15	Acácia	7	4.38	5.01	8.85	22.7
24/2/15	Acácia	8	12.42	5.89	10.71	22.7
24/2/15	Acácia	9	4.91	4.75	10.10	22.9
24/2/15	Acácia	10	4.24	5.19	9.29	22.9
24/2/15	Acácia	11	3.27	5.13	8.18	22.9
24/2/15	Acácia	12	3.26	4.35	8.08	22.9
18/3/15	Pastagem	1	4.00	1.28	11.32	23.7
18/3/15	Pastagem	2	5.02	0.65	12.64	23.7
18/3/15	Pastagem	3	4.28	0.16	10.21	23.7
18/3/15	Pastagem	4	4.90	0.63	9.90	23.7
18/3/15	Pastagem	5	5.03	0.63	9.24	23.5
18/3/15	Pastagem	6	4.55	0.31	9.13	23.5
18/3/15	Pastagem	7	4.35	0.93	8.15	23.5
18/3/15	Pastagem	8	5.73	1.12	10.78	23.5
18/3/15	Pastagem	9	4.53	0.49	12.46	23.6
18/3/15	Pastagem	10	4.56	0.47	9.43	23.6
18/3/15	Pastagem	11	3.60	0.78	8.92	23.6
18/3/15	Pastagem	12	3.95	0.63	9.93	23.6
18/3/15	Acácia	1	9.36	10.15	10.32	21.9

Continuação

Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperatura do solo °C
18/3/15	Acácia	2	7.38	3.53	11.60	21.9
18/3/15	Acácia	3	9.25	11.19	12.83	21.9
18/3/15	Acácia	4	4.34	1.93	11.76	21.9
18/3/15	Acácia	5	5.83	2.36	9.51	21.7
18/3/15	Acácia	6	6.66	3.00	15.75	21.7
18/3/15	Acácia	7	4.56	2.83	9.46	21.7
18/3/15	Acácia	8	10.08	3.31	9.54	21.7
18/3/15	Acácia	9	5.03	5.03	9.38	22.1
18/3/15	Acácia	10	5.99	8.58	12.63	22.1
18/3/15	Acácia	11	2.19	3.92	8.99	22.1
18/3/15	Acácia	12	3.11	1.24	8.15	22.1
8/4/15	Pastagem	1	31.63	1.12	11.66	19.2
8/4/15	Pastagem	2	3.45	0.16	14.33	19.2
8/4/15	Pastagem	3	2.61	0.33	13.55	19.2
8/4/15	Pastagem	4	3.85	0.64	11.54	19.2
8/4/15	Pastagem	5	4.43	3.48	10.03	19.3
8/4/15	Pastagem	6	4.62	4.62	10.79	19.3
8/4/15	Pastagem	7	2.69	0.47	10.01	19.3
8/4/15	Pastagem	8	2.86	3.34	10.60	19.3
8/4/15	Pastagem	9	3.53	1.77	11.66	19.8
8/4/15	Pastagem	10	1.13	0.16	12.38	19.8
8/4/15	Pastagem	11	4.37	1.29	12.53	19.8
8/4/15	Pastagem	12	4.16	0.16	11.28	19.8
8/4/15	Acácia	1	3.86	9.17	11.82	18.4
8/4/15	Acácia	2	3.45	4.44	14.33	18.4
8/4/15	Acácia	3	13.56	8.76	15.00	18.4
8/4/15	Acácia	4	4.00	6.57	11.40	18.4
8/4/15	Acácia	5	4.41	2.99	9.44	18.4
8/4/15	Acácia	6	3.23	3.39	12.22	18.4
8/4/15	Acácia	7	2.98	3.29	8.93	18.4
8/4/15	Acácia	8	16.43	3.13	8.82	18.4
8/4/15	Acácia	9	4.39	3.60	8.95	18.4
8/4/15	Acácia	10	2.36	6.13	9.34	18.4
8/4/15	Acácia	11	4.84	6.09	8.68	18.4
8/4/15	Acácia	12	4.98	2.18	8.15	18.4
29/4/15	Pastagem	1	7.14	1.09	7.94	18.8
29/4/15	Pastagem	2	4.39	1.14	13.00	18.8

Continuação

29/4/15	Pastagem	3	2.21	0.63	9.69	18.8
Data	Trat.	Rep. Campo	Variáveis do Solo			
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Tempera tura do solo °C
29/4/15	Pastagem	4	3.00	0.63	9.92	18.8
29/4/15	Pastagem	5	2.39	0.80	11.02	18.9
29/4/15	Pastagem	6	2.22	0.48	10.33	18.9
29/4/15	Pastagem	7	7.34	0.64	10.97	18.9
29/4/15	Pastagem	8	7.21	0.64	11.45	18.9
29/4/15	Pastagem	9	4.22	0.97	12.88	19.0
29/4/15	Pastagem	10	4.17	0.16	11.56	19.0
29/4/15	Pastagem	11	3.81	0.16	10.35	19.0
29/4/15	Pastagem	12	6.30	0.47	9.61	19.0
29/4/15	Acácia	1	7.50	9.79	13.44	17.9
29/4/15	Acácia	2	13.75	4.27	9.91	17.9
29/4/15	Acácia	3	14.20	16.13	12.19	17.9
29/4/15	Acácia	4	6.91	13.82	9.19	17.9
29/4/15	Acácia	5	10.77	4.06	8.52	17.8
29/4/15	Acácia	6	6.69	3.34	10.73	17.8
29/4/15	Acácia	7	5.54	3.08	6.97	17.8
29/4/15	Acácia	8	5.93	1.56	8.53	17.8
29/4/15	Acácia	9	9.19	5.21	6.53	17.8
29/4/15	Acácia	10	3.87	5.42	7.60	17.8
29/4/15	Acácia	11	4.78	3.55	7.32	17.8
29/4/15	Acácia	12	7.91	3.41	7.80	17.8
20/5/15	Pastagem	1	11.33	0.49	12.51	18.7
20/5/15	Pastagem	2	8.38	3.18	16.55	18.7
20/5/15	Pastagem	3	6.55	1.31	13.95	18.7
20/5/15	Pastagem	4	6.92	0.48	11.99	18.7
20/5/15	Pastagem	5	7.58	0.32	12.18	18.5
20/5/15	Pastagem	6	5.31	0.97	11.92	18.5
20/5/15	Pastagem	7	5.68	0.49	12.86	18.5
20/5/15	Pastagem	8	7.02	0.50	16.26	18.5
20/5/15	Pastagem	9	5.69	0.65	13.15	18.7
20/5/15	Pastagem	10	7.02	1.47	13.57	18.7
20/5/15	Pastagem	11	8.00	0.33	13.56	18.7
20/5/15	Pastagem	12	8.03	0.33	13.95	18.7
20/5/15	Acácia	1	5.49	5.16	15.67	18.9
20/5/15	Acácia	2	6.19	5.38	13.33	18.9
20/5/15	Acácia	3	5.05	9.93	13.19	18.9



Continuação

20/5/15	Acácia	4	6.09	2.08	11.38	18.9
20/5/15	Acácia	5	12.07	2.70	10.46	18.9
Variáveis do Solo						
Data	Trat.	Rep. Campo	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperatura do solo °C
20/5/15	Acácia	6	7.16	2.60	13.18	18.9
20/5/15	Acácia	7	10.52	2.36	9.19	18.9
20/5/15	Acácia	8	6.26	1.10	8.90	18.9
20/5/15	Acácia	9	4.12	1.43	10.25	19.0
20/5/15	Acácia	10	4.20	2.26	12.37	19.0
20/5/15	Acácia	11	9.03	4.59	10.17	19.0
20/5/15	Acácia	12	6.20	1.08	7.74	19.0
12/6/15	Pastagem	1	7.00	1.92	21.67	12.4
12/6/15	Pastagem	2	5.75	1.44	24.93	12.4
12/6/15	Pastagem	3	9.41	0.90	25.83	12.4
12/6/15	Pastagem	4	6.30	0.88	21.75	12.4
12/6/15	Pastagem	5	7.48	1.07	23.79	12.6
12/6/15	Pastagem	6	5.93	1.22	21.21	12.6
12/6/15	Pastagem	7	3.98	1.04	20.49	12.6
12/6/15	Pastagem	8	6.75	1.07	23.53	12.6
12/6/15	Pastagem	9	4.21	1.23	22.01	12.7
12/6/15	Pastagem	10	6.55	0.86	19.92	12.7
12/6/15	Pastagem	11	7.24	0.86	19.81	12.7
12/6/15	Pastagem	12	5.79	1.05	22.12	12.7
12/6/15	Acácia	1	4.66	1.16	15.67	10.3
12/6/15	Acácia	2	5.98	1.03	18.91	10.3
12/6/15	Acácia	3	8.35	1.57	21.03	10.3
12/6/15	Acácia	4	5.56	1.22	20.90	10.3
12/6/15	Acácia	5	7.40	1.20	19.68	10.5
12/6/15	Acácia	6	7.43	1.24	23.04	10.5
12/6/15	Acácia	7	5.62	2.15	15.03	10.5
12/6/15	Acácia	8	7.86	1.40	21.46	10.5
12/6/15	Acácia	9	5.74	1.52	17.31	10.8
12/6/15	Acácia	10	6.44	1.04	21.12	10.8
12/6/15	Acácia	11	5.68	1.17	16.25	10.8
12/6/15	Acácia	12	10.02	1.17	16.15	10.8
1/7/15	Pastagem	1	6.14	1.19	18.61	13.3
1/7/15	Pastagem	2	4.37	1.05	21.65	13.3
1/7/15	Pastagem	3	4.34	1.04	20.62	13.3
1/7/15	Pastagem	4	5.22	1.01	17.05	13.3
1/7/15	Pastagem	5	5.02	1.04	20.29	13.5

Continuação

1/7/15	Pastagem	6	5.25	1.19	17.80	13.5
1/7/15	Pastagem	7	4.38	1.01	17.23	13.5
Variáveis do Solo						
Data	Trat.	Rep. Campo	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperatura do solo °C
1/7/15	Pastagem	8	5.64	1.20	18.78	13.5
1/7/15	Pastagem	9	3.03	3.71	17.22	13.6
1/7/15	Pastagem	10	5.64	1.03	18.86	13.6
1/7/15	Pastagem	11	4.32	0.86	20.05	13.6
1/7/15	Pastagem	12	4.16	0.17	20.62	13.6
1/7/15	Acácia	1	3.05	1.87	18.00	13.4
1/7/15	Acácia	2	4.22	1.69	17.40	13.4
1/7/15	Acácia	3	4.61	4.61	18.71	13.4
1/7/15	Acácia	4	4.14	1.90	19.97	13.4
1/7/15	Acácia	5	12.52	3.34	16.06	13.2
1/7/15	Acácia	6	4.29	3.09	19.20	13.2
1/7/15	Acácia	7	3.14	2.48	14.83	13.2
1/7/15	Acácia	8	4.32	1.66	15.42	13.2
1/7/15	Acácia	9	6.45	1.19	18.11	13.3
1/7/15	Acácia	10	4.14	1.55	19.96	13.3
1/7/15	Acácia	11	4.30	2.15	15.13	13.3
1/7/15	Acácia	12	11.66	1.13	12.63	13.3
22/7/15	Pastagem	1	4.95	0.85	18.74	13.6
22/7/15	Pastagem	2	3.02	1.42	23.43	13.6
22/7/15	Pastagem	3	4.50	1.08	25.29	13.6
22/7/15	Pastagem	4	4.91	0.88	21.96	13.6
22/7/15	Pastagem	5	4.70	1.57	20.95	13.0
22/7/15	Pastagem	6	4.53	0.52	21.13	13.0
22/7/15	Pastagem	7	3.47	1.22	20.78	13.0
22/7/15	Pastagem	8	3.16	1.05	21.91	13.0
22/7/15	Pastagem	9	5.16	1.03	19.65	13.3
22/7/15	Pastagem	10	4.35	1.39	20.87	13.3
22/7/15	Pastagem	11	4.26	1.02	18.45	13.3
22/7/15	Pastagem	12	4.93	1.06	22.56	13.3
22/7/15	Acácia	1	2.54	0.51	17.90	11.9
22/7/15	Acácia	2	3.75	0.85	18.49	11.9
22/7/15	Acácia	3	3.70	0.70	22.51	11.9
22/7/15	Acácia	4	8.02	0.55	26.73	11.9
22/7/15	Acácia	5	5.62	0.51	18.36	11.7
22/7/15	Acácia	6	2.94	0.69	20.22	11.7
22/7/15	Acácia	7	3.61	0.86	19.63	11.7

Continuação

22/7/15	Acácia	8	3.78	0.86	19.35	11.7
22/7/15	Acácia	9	4.29	0.69	19.30	11.6
Variáveis do Solo						
Data	Trat.	Rep. Campo	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperatura do solo °C
22/7/15	Acácia	10	2.07	0.52	19.85	11.6
22/7/15	Acácia	11	3.25	1.20	18.96	11.6
22/7/15	Acácia	12	3.41	1.70	18.47	11.6
10/8/15	Pastagem	1	5.28	2.39	18.50	18.8
10/8/15	Pastagem	2	4.80	3.09	19.25	18.8
10/8/15	Pastagem	3	5.96	3.58	18.46	18.8
10/8/15	Pastagem	4	4.95	3.93	18.71	18.8
10/8/15	Pastagem	5	5.85	3.51	16.14	19.0
10/8/15	Pastagem	6	7.35	0.68	18.84	19.0
10/8/15	Pastagem	7	9.04	3.01	16.46	19.0
10/8/15	Pastagem	8	8.17	2.72	18.44	19.0
10/8/15	Pastagem	9	8.20	1.67	16.32	19.1
10/8/15	Pastagem	10	6.73	1.01	16.93	19.1
10/8/15	Pastagem	11	5.17	0.50	16.04	19.1
10/8/15	Pastagem	12	4.73	1.18	17.51	19.1
10/8/15	Acácia	1	4.87	4.03	16.69	19.1
10/8/15	Acácia	2	4.97	2.82	15.28	19.1
10/8/15	Acácia	3	5.77	7.13	18.11	19.1
10/8/15	Acácia	4	4.80	4.96	15.01	19.1
10/8/15	Acácia	5	5.61	4.12	14.73	18.9
10/8/15	Acácia	6	5.13	2.98	15.07	18.9
10/8/15	Acácia	7	4.57	3.75	13.44	18.9
10/8/15	Acácia	8	3.56	1.94	12.41	18.9
10/8/15	Acácia	9	3.93	2.13	13.89	19.4
10/8/15	Acácia	10	3.98	1.82	15.26	19.4
10/8/15	Acácia	11	4.35	3.86	11.98	19.4
10/8/15	Acácia	12	3.96	1.27	10.12	19.4
9/1/15	Pastagem	1	3.74	1.60	13.68	22.4
9/1/15	Pastagem	2	5.06	1.05	11.25	22.4
9/1/15	Pastagem	3	5.94	1.62	14.82	22.4
9/1/15	Pastagem	4	5.32	0.89	13.04	22.4
9/1/15	Pastagem	5	4.47	1.20	9.61	22.5
9/1/15	Pastagem	6	2.84	1.60	13.09	22.5
9/1/15	Pastagem	7	5.57	0.54	14.52	22.5
9/1/15	Pastagem	8	4.96	2.83	12.88	22.5
9/1/15	Pastagem	9	3.09	2.18	16.02	22.5

Continuação

9/1/15	Pastagem	10	3.00	1.24	12.56	22.5
9/1/15	Pastagem	11	2.88	0.54	14.56	22.5
Variáveis do Solo						
Data	Trat.	Rep. Campo	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N Kg <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> mg N Kg <sup>-1</sup>	UG g g <sup>-1</sup>	Temperatura do solo °C
9/1/15	Pastagem	12	2.35	0.54	15.33	22.5
9/1/15	Acácia	1	5.56	1.35	7.33	21.8
9/1/15	Acácia	2	8.12	1.18	7.84	21.8
9/1/15	Acácia	3	4.36	2.35	6.88	21.8
9/1/15	Acácia	4	4.05	3.72	7.71	21.8
9/1/15	Acácia	5	4.72	3.20	7.46	21.6
9/1/15	Acácia	6	17.98	1.53	8.14	21.6
9/1/15	Acácia	7	3.19	1.34	6.99	21.6
9/1/15	Acácia	8	3.68	1.00	6.55	21.6
9/1/15	Acácia	9	5.11	0.51	8.53	21.7
9/1/15	Acácia	10	7.67	1.02	8.59	21.7
9/1/15	Acácia	11	3.02	1.68	6.97	21.7
9/1/15	Acácia	12	3.33	2.17	6.24	21.7

**Apêndice C.** Emissão total de  $\text{CH}_4$  ( $\text{kg}^{-1}\text{ha}^{-1}$ ) e  $\text{N}_2\text{O}$  ( $\text{kg}^{-1}\text{ha}^{-1}$ ), e Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp) ( $\text{kg CO}_2$  equiv./ $\text{ha}^{-1}$ ), em plantio de acácia-negra e pastagem nativa (Estudo 1 e 2).

Rep.	Estudo 1		Estudo 2	
	Pastagem	Acácia	Pastagem	Acácia
----- $\text{N}_2\text{O}$ ( $\text{kg}^{-1} \text{N}_2\text{O ha}^{-1}$ ) -----				
1	1.11	1.94	0.074	0.420
2	1.12	1.76	0.205	0.228
3	0.99	1.43	0.490	0.620
4	0.69	0.99	0.135	0.537
5	0.66	1.01	0.442	0.064
6	0.09	1.02	-0.022	0.431
7	0.69	0.71	0.463	-0.009
8	0.84	0.74	0.148	0.643
9	0.55	0.35	0.592	-0.135
10	1.06	0.25	0.143	0.561
11	-0.16	1.19	0.296	0.694
12	0.31	2.61	0.242	0.350
	Pastagem	Acácia	Pastagem	Acácia
----- $\text{CH}_4$ ( $\text{kg}^{-1} \text{CH}_4\text{ha}^{-1}$ ) -----				
1	-2.82	1.96	-0.991	-0.991
2	-0.11	-0.51	1.439	1.439
3	3.48	4.82	1.287	1.287
4	-0.65	-0.26	3.851	3.851
5	1.11	-1.45	-0.020	-0.020
6	1.11	-0.78	0.040	0.040
7	2.03	-2.56	2.025	2.025
8	5.75	1.87	2.623	2.623
9	-0.50	0.21	-0.392	-0.392
10	-0.73	0.26	2.631	0.183
11	2.02	-2.04	3.253	2.477
12	2.67	7.69	2.374	1.450
----- PAGp ( $\text{kg}^{-1} \text{CO}_{2\text{equiv. ha}^{-1}}$ ) -----				
	Pastagem		Acácia	
1	-2.704		100.278	
2	97.042		103.882	
3	178.212		216.940	
4	136.508		256.234	
5	131.259		18.696	
6	-5.659		129.472	
7	188.681		47.898	

Continuação

8	109.534	257.233
9	166.577	-50.142
10	108.448	171.715
11	169.414	268.835
12	131.468	140.538

---